ENTWICKELUNGSFRAGEN

DER

WASSERWIRTSCHAFT IN FRANKREICH UND DEUTSCHLAND

INSBESONDERE IM ELSASS

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

ANDRÉ HAAS

AUS MÜLHAUSEN i. E.

LITHOGRAPHIE MARC GEISMAR, MÜLHAUSEN i. E.

1912

ENTWICKELUNGSFRAGEN

DER

WASSERWIRTSCHAFT IN FRANKREICH UND DEUTSCHLAND

INSBESONDERE IM ELSASS

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

ANDRÉ HAAS

AUS MÜLHAUSEN i. E.

LITHOGRAPHIE MARC GEISMAR, MÜLHAUSEN i. E.

1912

Genehmigt von der philologisch-historischen Abteilung der philosophischen Fakultät auf Antrag der Herren Professoren Dr. St. Bauer und Dr. Th. Kozak.

Basel, den 6. Juli 1910.

Prof. Dr. A. Hagenbach
Dekan.

Die vorliegende Dissertation bildet einen Teil einer grösseren unter dem gleichen Titel vorbereiteten Schrift.

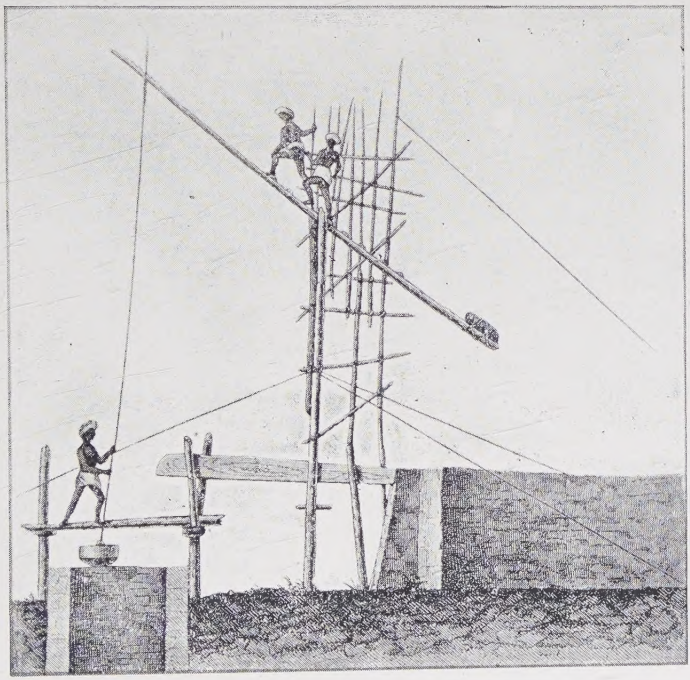
I.

Geschichtliche Entwickelung der wirtschaftlichen Ausnützung der Wasserkräfte.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546706_0118

Die Notwendigkeit künstlicher Bewässerung hochliegender Felder scheint zuerst den Anlass geboten zu haben, durch besondere Vorrichtungen der Energie des fliessenden Wassers neue Nutzeffekte abzugewinnen. Diese Vorrichtungen tragen in den Ursprüngen durchaus Werkzeugcharakter. Dahin gehört vor allem die Picota oder Kuppilai der Inder.[1]) Es ist dies eine Art von Zieh-



Figur 1.

brunnen, bei welchem die Hebelbewegung benutzt wird. An einem Wippbaum oder Schwengel, auf gabelförmigen

[1]) Vergl. Figur 1, entnommen aus: „Das Buch der Erfindung von F. Reuleaux, Leipzig und Berlin", S. 5.
Vergl. ebenso F. Reuleaux, Theoretische Mechanik, Braunschweig 1875.

Stützen gelagert, und dort mit Stricken noch angebunden, hängt an einem Ende eine Stange, welche einen Wasserkübel trägt, am andern Ende eine Art Gegengewicht. Die obenstehenden Männer setzen durch Vor- und Rückwärtsschreiten auf der Wippe diese in auf- und niederschwingende Bewegung, wobei der Kübel von dem dritten Manne in das Wasser des Brunnens gelenkt und danach oben in eine Rinne entleert wird, welche das Wasser auf die Felder leitet.

Die Picota ist bis heute ausser in Indien auch in Nord-Afrika, in Spanien, auch in Belgien bei den Ziegelstreichern, ja auch hier und da in Deutschland in Gebrauch.

Eine andere, speziell in Bengalen in Gebrauch gewesene Maschine zum Wasserschöpfen ist der Jantu. Derselbe besteht aus einer Rinne, die an einem Ende drehbar ist, während sie an dem anderen Ende gehoben und gesenkt wird. Vielfach war die Vorrichtung auch so angeordnet, dass sie wie ein Balancier in der Mitte drehbar gelagert war. An dieser Stelle fand alsdann der Wasserausfluss statt. [1])

Der Picota sehr ähnlich ist die Vorrichtung, mittelst welcher die Chinesen mit dem sogenannten Seilbohrer ihre erstaunlichen artesischen Brunnen stossen.

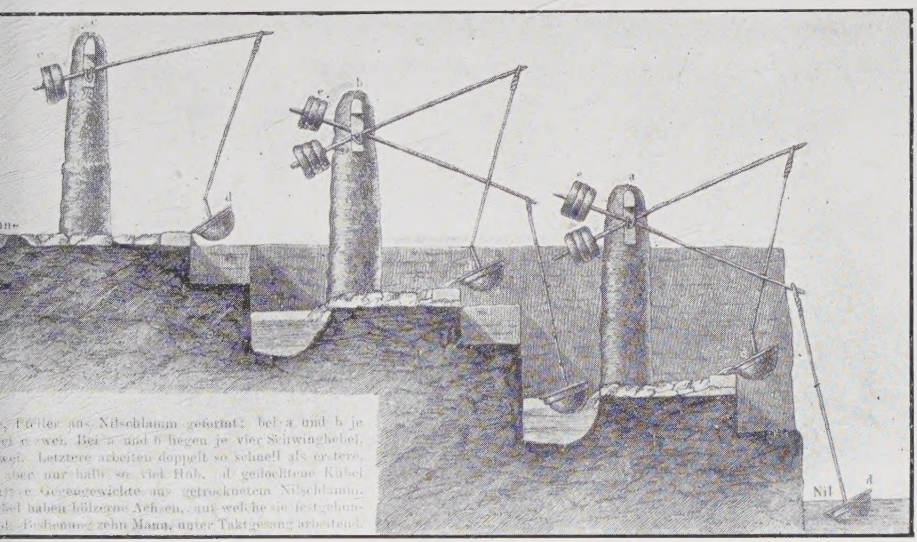
Zur Hebung des Wassers aus den Brunnen sowie auf beträchtliche Höhen fand und findet in Aegypten die sogenannte Sakie in ausgedehntem Masse Verwendung. [2])

---

[1]) Vergl. Curt Merckel. Die Ingenieurkunst im Alterthum, Berlin 1899, S. 104.

[2]) Vergl. Merckel, a. a. O., S. 86.

Ausser der Sakie benutzten die Aegypter seit Urzeiten eine der europäischen Picota ähnliche Vorrichtung, Schaduff genannt, welche aber nur einmännisch ist, und deren Schwengel wesentlich durch das Gegengewicht wirkt.[1])



Figur 2.

Denselben Werkzeugcharakter wie die Wasserhebelvorrichtungen trägt in den Anfängen auch der älteste aller motorischen Betriebe, die Mühle.

Mancherlei deutet darauf hin, dass das Versiegen des Sklavenmarktes in der römischen Kaiserzeit zum Uebergange des Antriebes der Mühlen durch Wasserkraft beschleunigte.

Obwohl die Quellen bis ans Ende des 4. Jahrhunderts von einem Nebeneinanderbestehen der Hand-, Esel-, Ross-

[1]) Vergl. Figur 2, entnommen aus: F. Reuleaux, Theoretische Mechanik, Braunschweig 1875, S. 38.

und Wassermühlen berichten, hat doch die Steigerung der Technik des Wasserleitungs- und Wasserbauwesens unverkennbar auf die Ausbildung des Wassermühlenbetriebes eingewirkt.

Wasserschöpfräder waren im Orient schon von alters her bekannt, und dass auch Wassermühlen wenigstens zur Zeit Mithradates des Grossen sich in Pontus vorfanden, bezeugt Strabo durch Erwähnung einer solchen Anlage in Kabira.[1])

Das klassische Zeugnis, das für das Mühlenprincip bis ins 17. Jahrhundert angerufen wird, ist die Beschreibung des Vitruv.[2]) Sie soll daher hier ihre Stelle finden:

„Fiunt etiam in fluminibus rotae eisdem rationibus, „quibus supra scriptum est. Circa earum frontes „affiguntur pinnae, quae cum percutiuntur ab impetu „fluminis, cogunt progredientes versari rotam; et „ita modiolis aquam haurientes et in summum „referentes, sine operarum calcatura, ipsius fluminis „impulsu versatae, praestant quod opus est, ad usum. „Eadem ratione etiam versantur hydraulae, in quibus „eadem sunt omnia, praeterquam quod in uno capite „axis habent tympanum dentatum et inclusum; id „autem ad perpendiculum collocatum in cultum, „versatur cum rota pariter. Secundum id tympanum, „majus item dentatum planum est collocatum, quo „continetur axis, habens in summo capite subseudem „ferream, qua mola continetur. Ita dentes eius „tympani, quod est in axe inclusum, impellendo „dentes tympani plani, cogunt fieri molarum circi-

[1]) Strabo XII, cap. 3, 556.

[2]) Vitruvius. De architectura. Lib. 10, cap. 10.

„nationem, in qua machina impendens infundibulum,
„subministrat molis frumentum, et eadem versatione
„subigitur farina.

Den Uebergang von der Handmühle zur Wassermühle schildert Cicero's Zeitgenosse Antipater in einem schönen Epigramm. Salmasius hat es in seinen Anmerkungen zu des Lampridius Heliogabalus zuerst bekannt gemacht. Es versinnlicht uns den höheren Wert menschlicher Erfindung überhaupt und zwar hauptsächlich als Fortschritt zur höheren Zivilisation und zur allmähligen, wenn auch nicht ganz erzielbaren Rückkehr in das goldene Zeitalter. Daher können wir es uns um so weniger versagen, dasselbe hierher zu setzen (und zwar in Herder's Uebertragung):

„Lasset die Hände nun ruh'n, ihr mahlenden Mädchen, und schlafet
„Lange, der Morgenhahn störe den Schlummer euch nicht.
„Ceres hat eure Mühe den Nymphen künftig empfohlen,
„Hüpfend stürzen sie sich über das rollende Rad,
„Das, mit vielen Speichen um seine Achse sich wälzend,
„Mahlender Steine vier, schwere, zermalmende treibt.
„Jetzt geniessen wir wieder der alten goldenen Zeiten,
„Essen der Göttin Frucht ohne belastende Müh'.

Müssen wir demnach auch annehmen, dass man in Rom unter Augustus solche Räder kannte und benutzte, so lassen die ganz vereinzelten und flüchtigen Hinweise aus den nachfolgenden Jahrhunderten, sowie die späte Berücksichtigung der Wassermühlen in der römischen Gesetzgebung, erst 398 n. Chr. doch auf eine sehr langsame und beschränkte Weiterverbreitung schliessen.[1])

[1]) Rühlmann. Allgemeine Maschinenlehre, 2. Auflage, S. 317 u. f. und Rode's Uebersetzung des Vitruv 1796, Anmerkung S. 264.

Ueber die technische Anlage[1]) der Wassermühlen lässt sich ebenfalls aus den erzählenden Quellen ein deutliches Bild gewinnen. Man legte zunächst durch Einrammung von Pfählen und Aufrichtung von Steinhaufen einen Damm im Strome an und leitete das so auslaufende Wasser in eine Rinne; auf das Rad des Mühlwerkes fallend, setzte das Wasser dann dieses in Bewegung. Die Verzäunung des Dammes wurde durch Flechtwerk und Streu verstärkt. Der gesamte Wasserbau, insbesondere jener Damm, wird sclusa, sclusae, exclusae genannt. Wenn aber auch dieses Wort unserer heutigen „Schleuse“ etymologisch zu Grunde liegt, so darf man doch heute jene Bauten nur als „Wehre“ oder „Werder“, nicht, wie es gewöhnlich geschieht, als „Schleusen“ bezeichnen. Während die „sclusa“ der anderen Quellen in der „Lex Visig.“ als „conclusiones aquarum“ wiedergegeben wird, versteht man heute doch allgemein unter einer Schleuse ein Bauwerk, das zwei Gewässer von verschiedener Spiegelhöhe zeitweise völlig von einander trennt, zeitweise durch Anwendung besonderer Vorrichtungen in Zusammenhang mit einander bringt.[2])

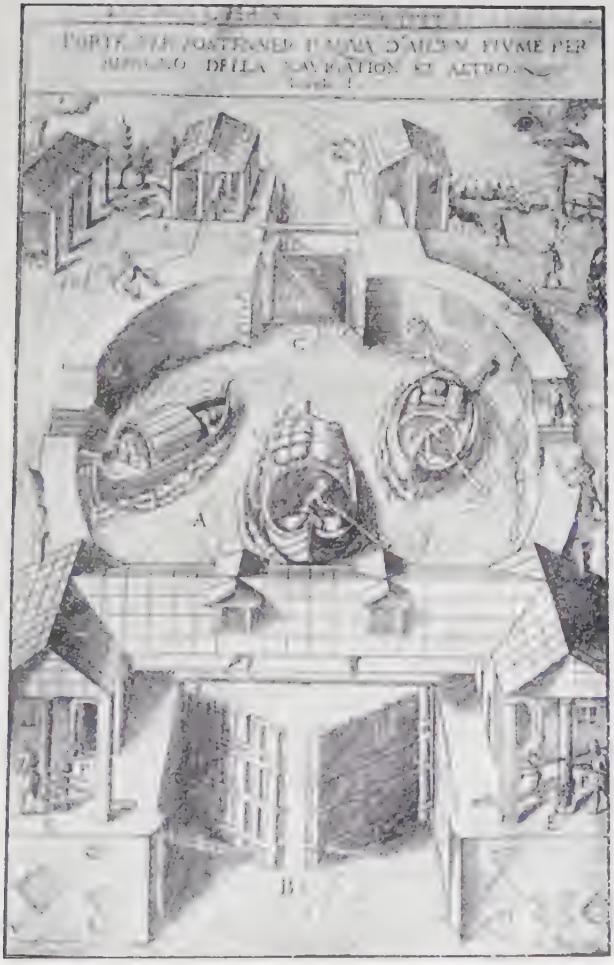
---

[1]) Vergl. Beckmann, Beiträge der Geschichte der Erfahrungen, II. (1788), S. 18—32.

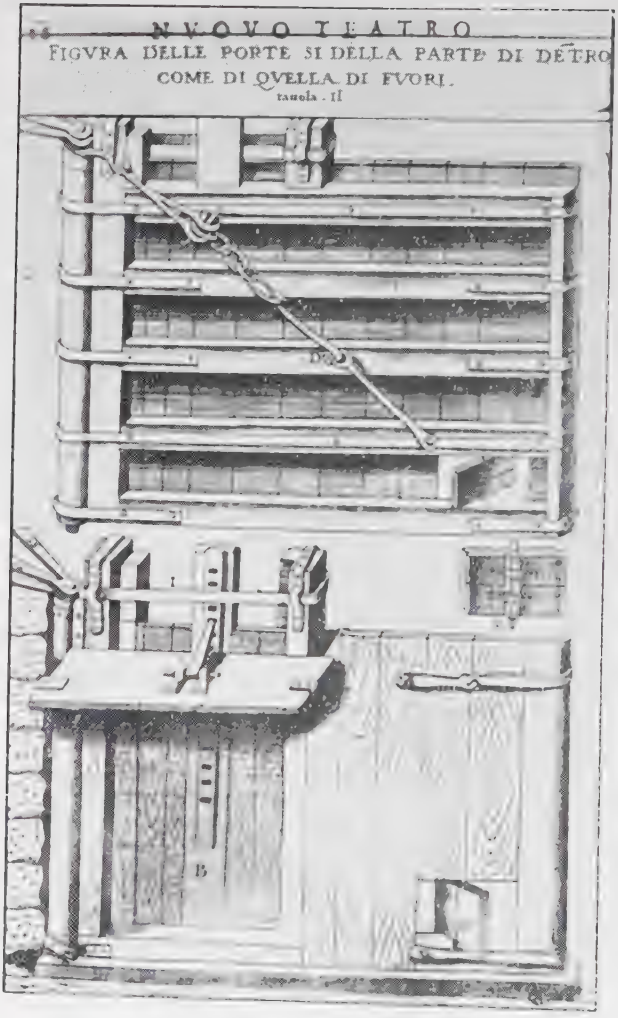
Heyne, Hausaltertümer, I. S. 44, 45, II. S. 258—264.

[2]) Vergl. Figur 3 und 4, entnommen aus: Vittorio Zonca, Teatro delle Machine, 1656, die die erste Kesselschleuse vorstellt, wie sie heute noch zu finden sind. — Diese Figuren zeigen, dass man damals schon im Bau von Schleusenanlagen ziemlich gerade so weit vorgeschritten war, wie heute.

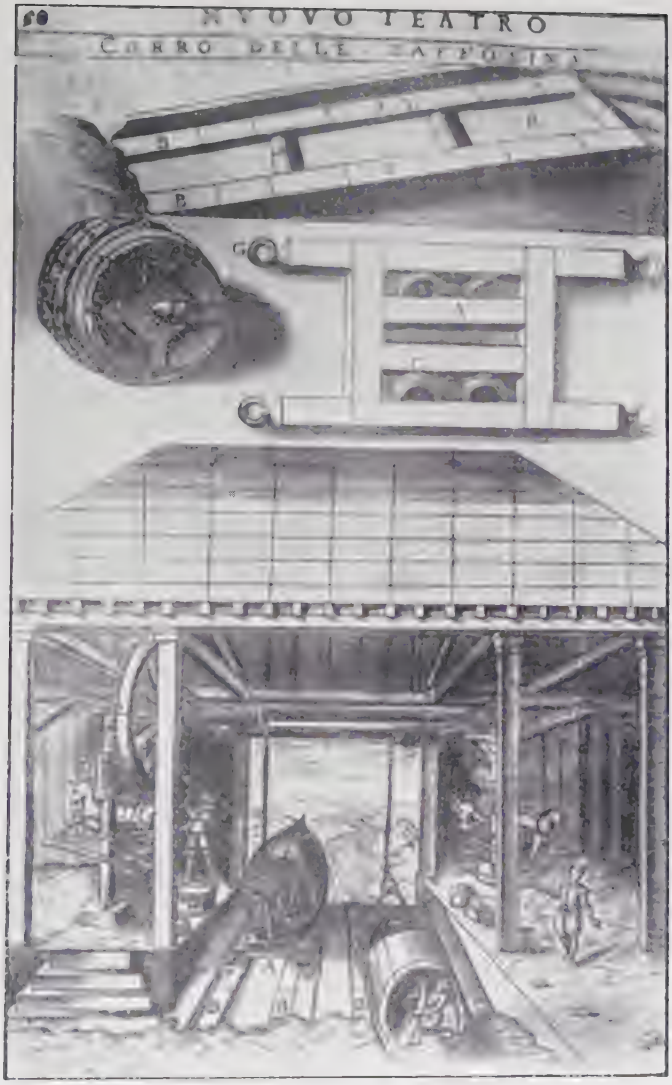
Die Figur 5 stellt ein Schiffhebewerk vor, um einen Fluss mit einer Lagune zur Förderung der Schiffahrt zu verbinden.



Figur 3.


NVOVO TEATRO
FIGVRA DELLE PORTE SI DELLA PARTE DI DETRO
COME DI QVELLA DI FVORI.
tauola . II
A
B

Figur 4.



Figur 5.

Die Wassermühlen, welche in den Quellen der merowingischen Zeit näher beschrieben werden, sind, soviel wir sehen, oberschlächtig, d. h. ein von einer höheren Gegend kommender Wasserlauf treibt die Mühle durch die von oben her auffallende Wasserkraft.

Ein besonderer Anlass, die Belagerung Roms durch die Goten, das bekanntlich durch Belisar verteidigt wurde, führte dann im Jahre 536 zur Erfindung der Schiffsmühlen. Die Goten hatten nämlich die Wasserleitungen zerstört, welche in Rom als Triebkräfte aller Mühlen dienten; es mangelte aber an Vieh und Pferden, so dass man sich auch keiner Göpelmühlen bedienen konnte. Belisar liess nun an beiden Ufern des Tiber hinter der heute Ponte Sisto genannten Brücke möglichst stark gespannte Seile befestigen und an diesen zwei Kähne in einer Entfernung von 2 Fuss von einander an der Stelle anbinden, an welcher der Strom aus der Brückenwölbung am stärksten hervorbricht. Auf jeden dieser Kähne nun liess er eine Mühle setzen und das zur Bewegung dieser Mühlen dienende Rad mitten zwischen beiden Kähnen in das Wasser senken. Vor diesen Fahrzeugen nun liess er andere, sie stets mit den hinter ihnen liegenden verbindend, in gehöriger Ordnung festknüpfen und die Wasserräder auf dieselbe Weise über eine grosse Strecke hin in den Fluss legen. Indem nun die Strömung vorwärts drang, drehten sich sämtliche Räder der Reihe nach um sich selbst und setzten dadurch die Mühlen in Bewegung, so dass für die Stadt zur Genüge gemahlen wurde.

Wie sehr sich diese Einrichtung bewährte, geht daraus hervor, dass man sie in Rom Jahrhunderte hindurch beibehielt. Auch die im Frankenreiche später in grossen

Flüssen in der Nähe von Brücken erwähnten Mühlen dürften derartige Schiffsmühlen, jedenfalls unterschlächtige, d. h. solche Wassermühlen gewesen sein, bei denen das Treibrad von unten her in Bewegung gesetzt wird. Bei solchen Anlagen bedurfte man, um zur Mühle zu gelangen, einer besonderen Brücke. Wie bei den Mühlen Belisar's dienten auch hier oft mehrere Räder zur Bewegung des Mühlwerkes.

Ausser dem zur Mühle gehörigen Wasserbau spielt in den Rechtsquellen der Zeit noch das „Mühleisen" (ferramentum de moline, ferrum molinarium) eine bedeutende Rolle. Man bezeichnete so die eiserne Kurbel, durch welche die Mühlsteine in Bewegung gesetzt wurden, die zum Zerquetschen des Getreides dienten; sie entsprach völlig der Kurbel des Göpelwerkes.

Die Instandhaltung des Mühleisens lag den Schmieden ob, von welchen die Messerschmiede für ihre Schleifen gleichfalls auf das Wasser als Betriebskraft angewiesen waren.

Daraus erklärt sich die Tatsache, dass in einzelnen mittelalterischen Städten die Müller schmiedezünftig wurden. [1])

Das Bedürfnis nach Kraft stieg in den für den Export arbeitenden und früh kapitalistisch organisierten Gewerben; so begründete denn das Vorhandensein von Wasserkräften vielfach den Standort solcher Industrien.

Von den Wasserhebemaschinen des Bergbaues ausgehend, wird die motorische Kraft des Wassers in Mühlen aller Art verwendet. — Draht-, Schleif-, Getreide-,

[1]) Vergl. Hermann Bruder. Die Lebensmittelpolitik der Stadt Basel im Mittelalter. Diss. Freiburg i. B. 1909.

Walk-, Pulver-, Papiermühlen entstehen; man kann vom Mühlenzeitalter der Industrie sprechen.[1])

Zum ersten Male kommt die Wissenschaft dem Gewerbe zu Hilfe. — Erfinderische Köpfe und Projektenmacher ziehen die physikalischen Forschungen von Kopernicus, Leonardo da Vinci, Galilei, Keppler, Descartes, Gassendi, Toricelli, Cartesius, Gericke, Mersenne, Newton, Huygens, Leibniz, Papin, Harvey, Newcomen, James Watt, zu Nutze.

Die Bedeutung der Wasserkraft für die Volkswirtschaft des 17. Jahrhunderts hat vielleicht niemand so klar erkannt als der geniale D. Joh. Joachim Becher, dessen Kapittel über die Wassermühlen wir aus seiner seltenen Schrift „Närrische Weissheit und weise Narrheit“ (Neue Ausgabe 1707)[2]) hier folgen lassen:

16. Ejusdem Invention aller Orten Wasser-Mühlen zu bauen.

„Wie nützlich die Wasser-Mühlen seyn/ ist bekandt/ „und sind dieselbige/ ausser allem Zweiffel/ zu „allerhand Gebrauch ungleich viel bequemer als die „Wind-Mühlen/ denn sie haben einen weit stetern „und gewissern Gang/ und thun ihre Bewegung viel „sachter; derowegen ist auch das Mehl/ das auff „den Wasser-Mühlen gemahlen worden/ nicht allein „feiner und besser/ als das man auff den Wind-„Mühlen lasset mahlen/ sondern dasselbige giebt

[1]) Der Deutsche Cornelius Schütz richtet in der Forest of Dean 1565 die erste mit Wasserkraft getriebene Drahtzieherei ein. Früher war man auf Draht-Einfuhr angewiesen. W. Hyde Price, The English Patents of Monopoly, Boston, 1906, S. 57.

[2]) S. 20–25.

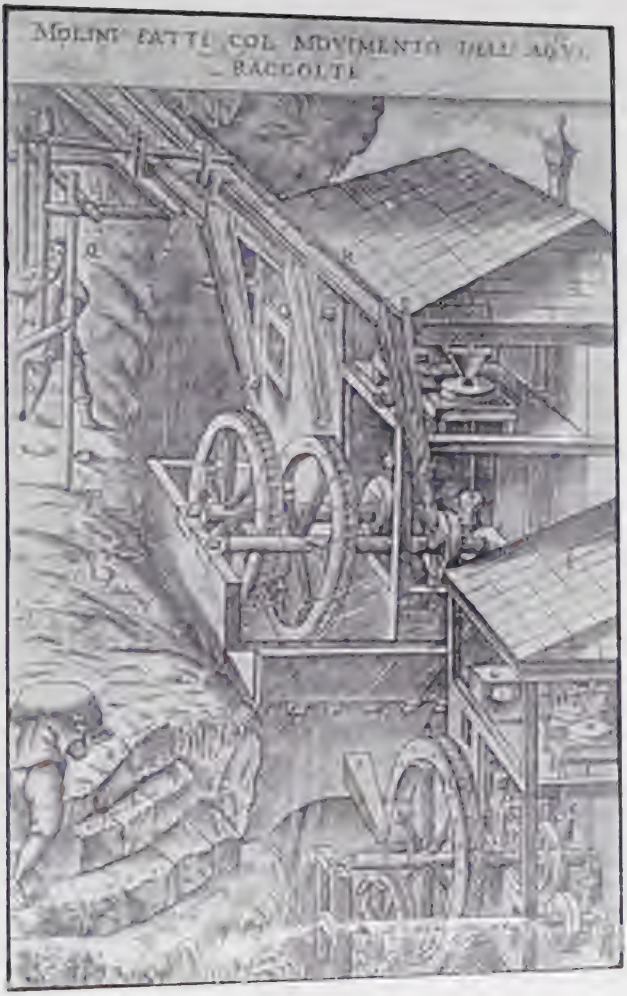
„auch 10 pro cento am Gewicht mehr aus/ als das „von den Wind-Mühlen/ auff welchen viel verstäubet. „So können auch die Steine auff einer Wind-Mühlen „nicht so nett auff einander gemacht oder gestellt „werden/ als auff einer Wasser-Mühlen: dann wann „die Steine von wegen der grossen Krafft der Winde „auff einander stossen/ so wird das Mehl sandig/ „und schlagen die Steine offtmahls Feuer/ so dass „die Mühlen mit Gefahr in Brand gerathen. Ueber „das kostet eine Wind-Mühle viel/ es ist ungewiss/ „wann der Wind wehet. Auff bergichtem Land sind „sie gantz nicht gut/ und auff ebenem Lande müssen „sie für den Städten und auff den Wällen im Gesicht „des Feindes stehen/ und können nicht verborgen „werden. Vor die Wasser-Mühlen ist auch an allen „Orten keine Gelegenheit zu finden/ wo keine Ströme „und Flüsse seyn/ dahero man viel Bewegungen hat „müssen unterlassen/ als Hammer-Werck/ Schmeltz-„Werck/ Walck-Mühlen/ Seiden-Mühlen und dergleichen. „Hingegen haben viel das Wasser zu erheben gesucht/ „um solcher gestalt Wasser-Räder zu treiben/ und „ein stillstehend Wasser lauffend zu machen/ welches „wiederum zu seinem Ursprung solte können gebracht/ „und stets lauffend gemacht werden: aber sie sind „hierdurch zu einem perpetuo mobili gelangt/ welches „niemahls ausgeschlagen ist. Meine Erfindung aber „hingegen bestehet in einer äuserlichen Krafft/ „wodurch das Wasser auffgehoben wird/ und kostet „mich eine gantze Woche/ Tag und Nacht über/ „nicht mehr als drey Rthlr. und eine gute Mahl-Mühle „mit Wasser-Rad/ und seiner völligen Zugehör/

„kostet nicht mehr als zweyhundert Rthlr. und kan „auffgerichtet werden/ wo man will: nemlich man „macht eine Cisterne oder Schiff/ darein thut man „zweyhundert Tonnen Wasser/ setzt darüber ein „umschlagend Wasser-Rad/ das oben wiederum „einen kleinen Trog hat; dann wird durch die „Wasserkunst das Wasser aus dem untersten Trog „in den obersten gehoben/ von danen schiessts auff „das Waser-Rad/ welches umlauffend durch das „beygefügte Kamm-Rad die darzu gehörige Art des „Mühlenwercks treibet. Unterdessen fällt das Wasser „wieder von dem Rade herab/ und schiesst wieder „in den Trog/ von wannen es wieder auffgehoben/ „und also stets im Lauff gehalten wird. Und ob „gleich die Bewegung es für der Fäulung bewahret/ „so kan es gleichwohl auch mit einer Parthey Saltz „gesaltzen werden; und wann mit der Zeit das „Wasser etwas abnimmt/ austrucknet oder weg-„sprützt/ kan solches durch Eingiessung frischen „Wassers wiederum ersetzt werden. Nun möchte „vielleicht jemand diese zwey Einwürfe thun: „Erstlich/ dass man das Wasser/ als ein Mittel/ „gantz nicht nöthig hat/ sondern nur/ dass man die „äuserliche Krafft/ welche das Wasser treibet/ gerad „auff das Kamm-Rad solte können gehen lassen; „wann nun dieses die Macht hat/ das Wasser auff-„zuheben/ so wirds auch die Macht haben/ umzu-„treiben dasjenige/ so das auffgehobene Wasser „treibt. Darauff antworte ich/ dass deme zwar also/ „wann man alleine auff die Macht siehet: Hingegen „aber/ wann man auff die gleiche Bewegung siehet/

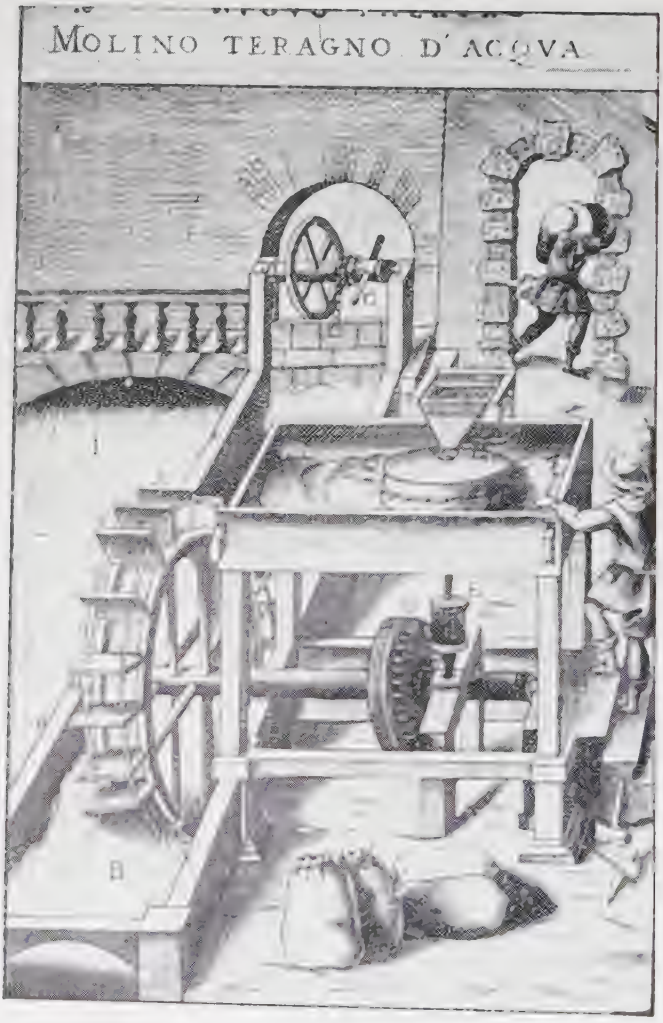
„wodurch die Wasser-Mühlen vorgezogen und geachtet
„werden/ so wird man einen grossen Unterscheid
„befinden zwischen einem Rade/ das vom Wasser/
„und einem/ das von äuserlicher Krafft unmittelbar
„getrieben wird/ massen die äuserliche Krafft biss-
„weilen nicht so stetig gehet/ als die vom Wasser.
„Worauff man zweytens einwenden möchte/ dass/
„wann die äuserliche Krafft nicht stetig im Gange
„bleibet/ dieselbe denn auch ungleich das Wasser
„in die Höhe treiben würde/ und dasselbige in
„ungleicher Quantität auff das Rad fallen solte/
„welches ungleiche Krafft und Bewegung würde thun.
„Aber dieser Einwurff wird hiermit gleichfalls beant-
„wortet/ dass das Wasser als ein Mittel darzwischen
„ist und aus der Ungleichheit eine Gleichheit macht.
„Dass nun das Wasser/ welches in ungleicher
„Quantität in die Höhe getrieben wird/ eben wohl
„in gleicher Quantität auff das Rad fället/ kommt
„daher/ dass sich das Wasser im oberen Trog ver-
„sammelt/ und durch eine gewisse Maass oder
„Schliessung auff das Rad lauffen muss. Nun muss
„das Wasser-Werck dergestalt geordnet seyn/ dass es
„nicht weniger Wasser in die Höhe bringet/ als die
„Maass erfordert; jedoch/ wann mehr Wasser hin-
„auff kommet/ so wird es durch die Schliessung
„verhindert/ und kan es an einem anderen Orte
„ablauffen/ also dass der Wasser-Fall so gleich ist/
„als durch natürliche Flüsse geschehen kan/ welche
„durch Regen und Dürre können vermehret und
„vermindert werden; da hingegen diese Bewegung
„so wohl im Winter als Sommer ihren gleichen

„Gang behalten kan. Und obschon dieselbe auch „deswegen drey Rthlr. wöchentlich kostet/ so kommet „gleichwohl die Unterhaltung der gemeinen Wasser- „und Wind-Mühlen nicht viel weniger zu stehen/ „wann man zusammen rechnet/ was dieselbigen „jährlich kosten. So dienet auch ein solch Mühl- „Werck einer Stadt nicht allein zur Zierde/ sondern „auch zur Sicherheit/ weil es verborgen mitten in „derselben stehet/ und Dienste thun kan/ vornehmlich „in Bewegungen/ die eine Gleichheit erfordern/ als „Stossen/ Schleiffen/ Poliren/ Walcken. Zum Beschluss „habe ich es so weit gebracht/ dass/ man nun an „allen Orten der Welt Wasser-Mühlen haben kan/ „und über diese Erfindung haben mir die Edle/ „Grossmögende Herren Staaten von Holland und „West-Friesland ein Privilegium ertheilet".

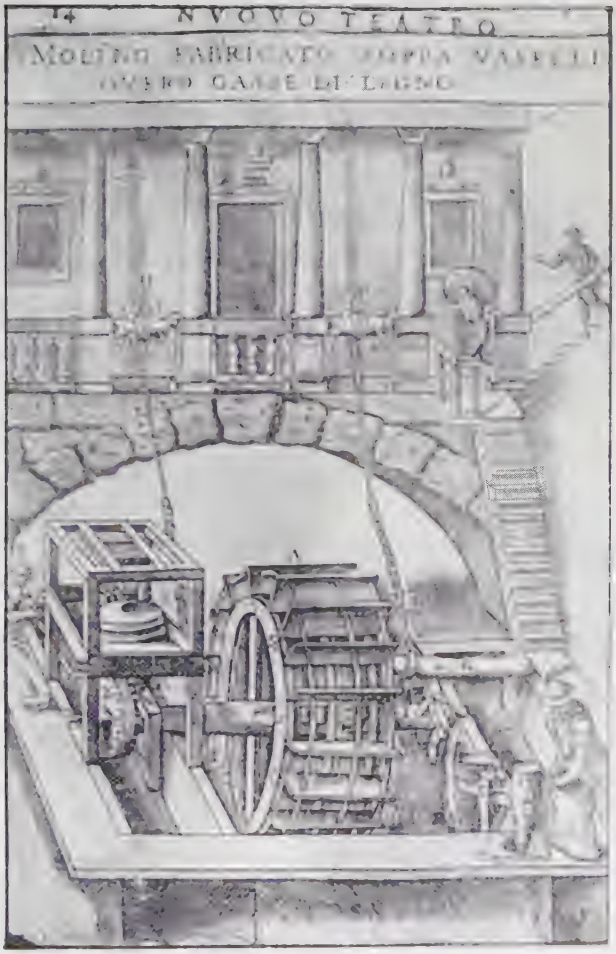
Die folgenden Figuren 6 bis 23 (entnommen aus Vittorio Zonca, Teatro delle Machine, 1656) zeigen besser als eine Beschreibung in Worten die Anwendung der Wasserkraft auf die Industrie im 17. Jahrhundert.



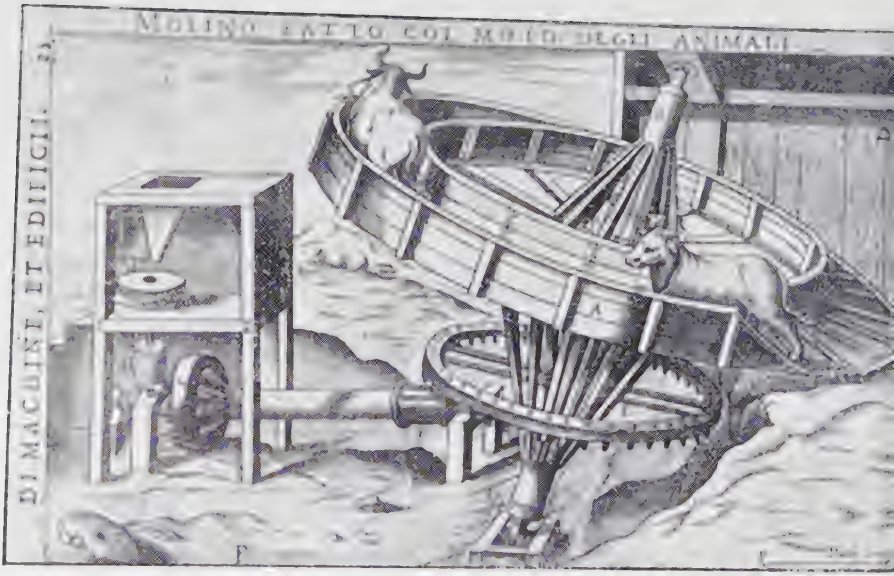
Figur 6.



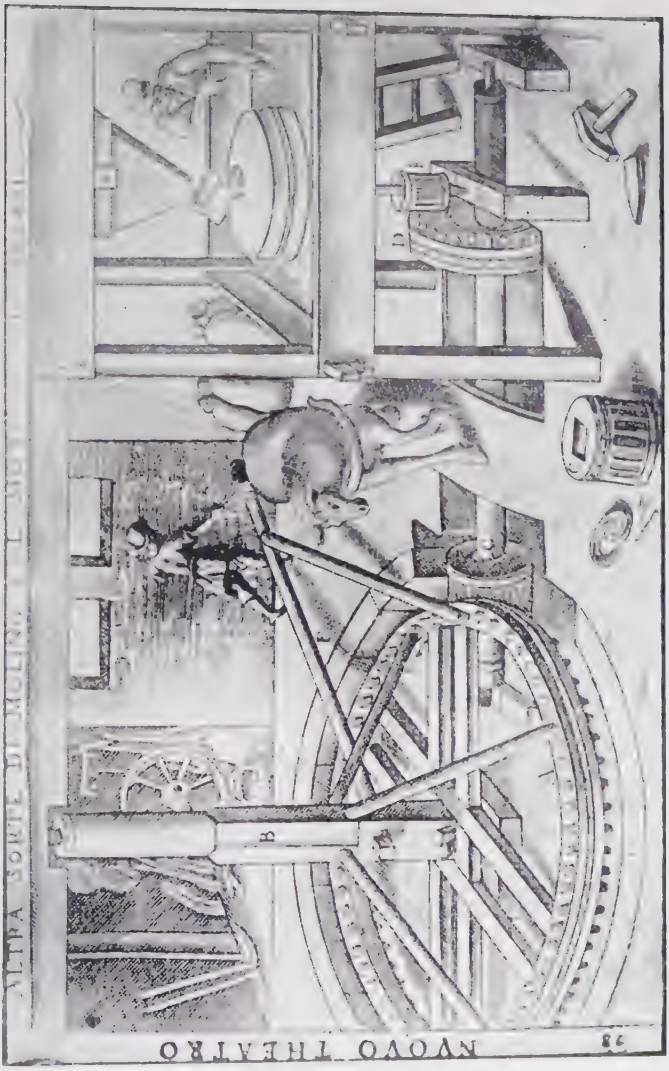
Figur 7.


14 NVOVO TEATRO
MOLINO FABRICATO SOPRA VASELLI
OVERO CASSE DI LEGNO

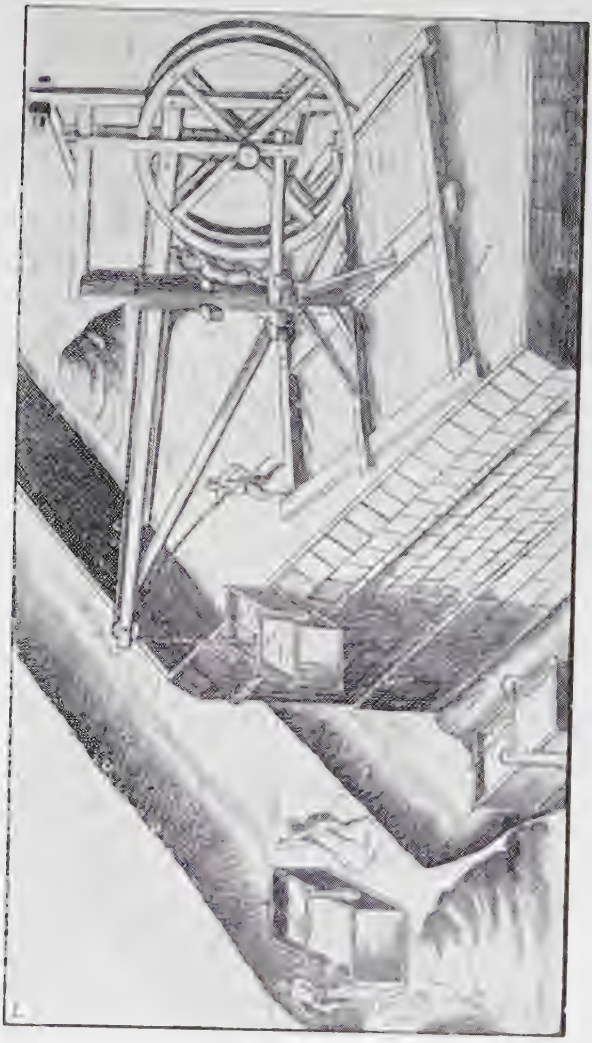
Figur 8.


MOLINO FATTO COL MOTO DEGLI ANIMALI
DI MACCHINE, ET EDIFICII.

Figur 9.



Figur 10.



Figur 11.

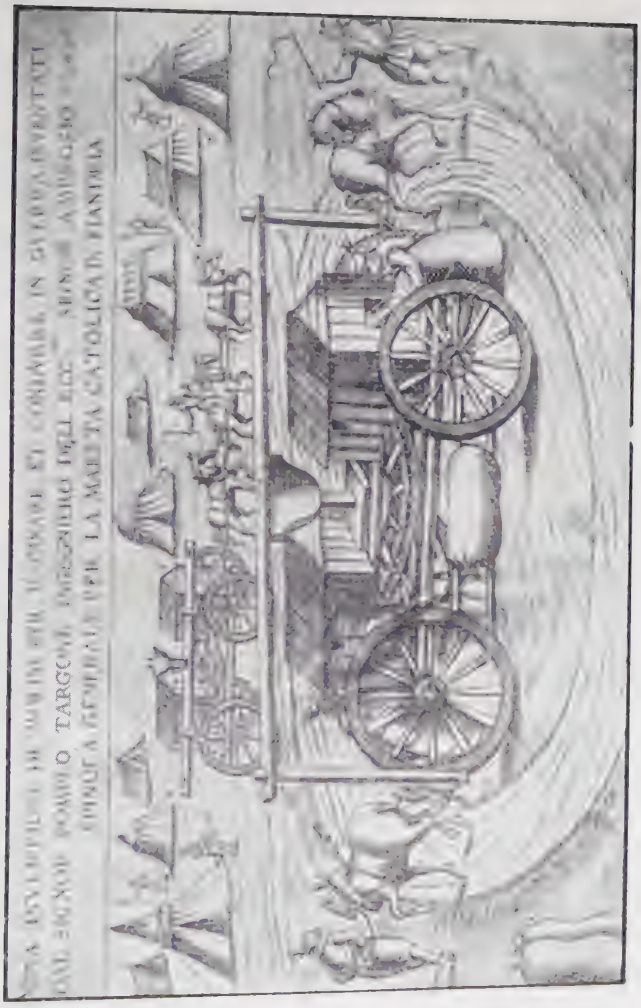
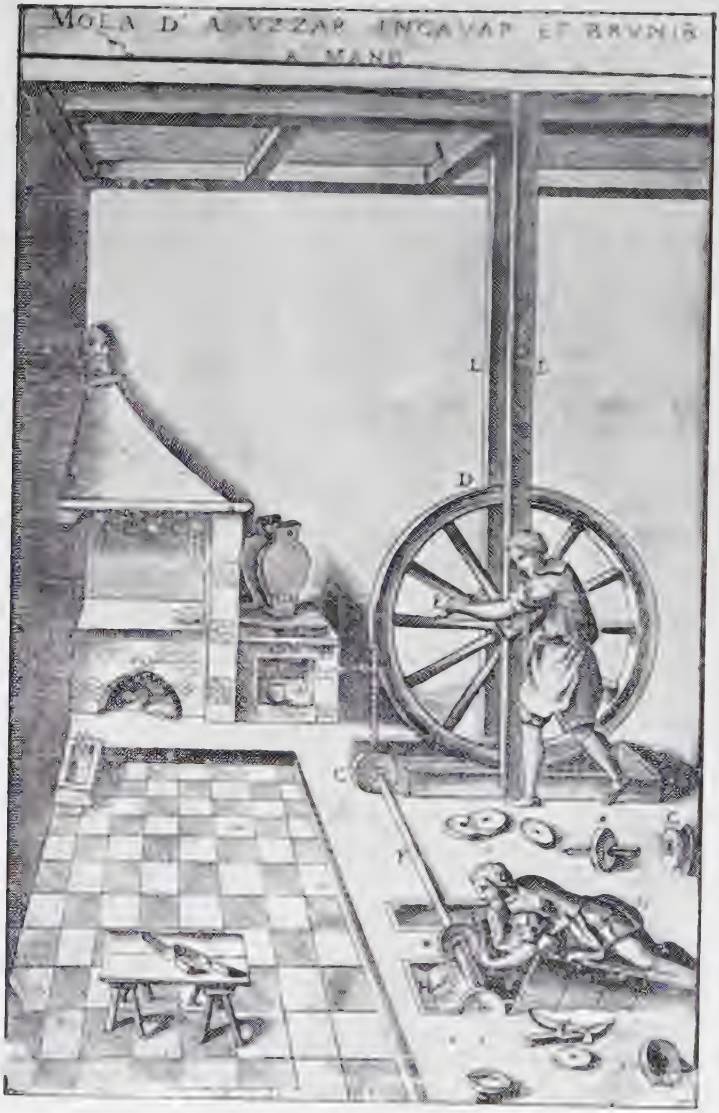
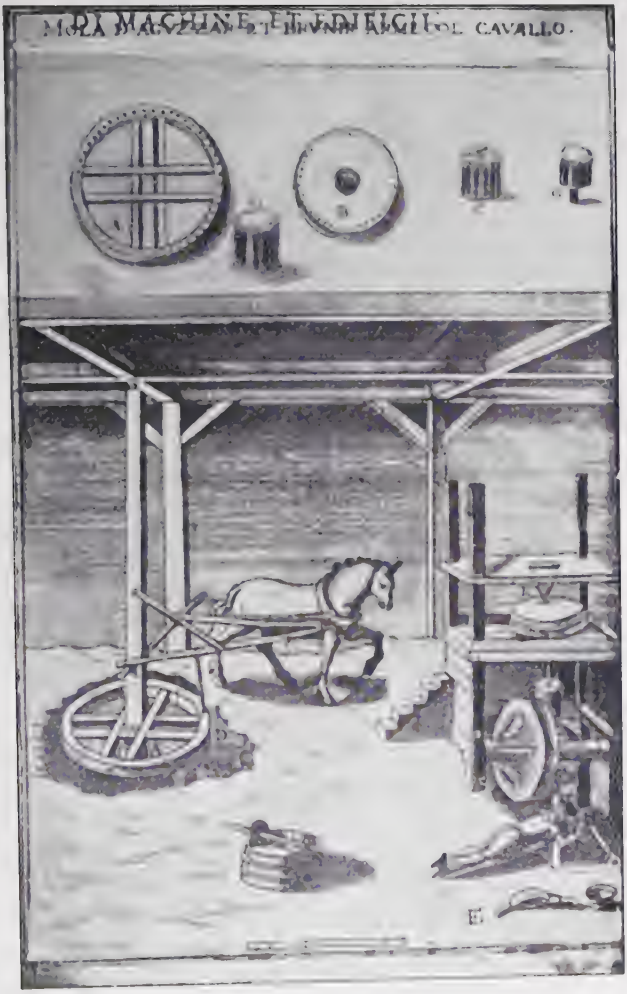


Fig. 12.

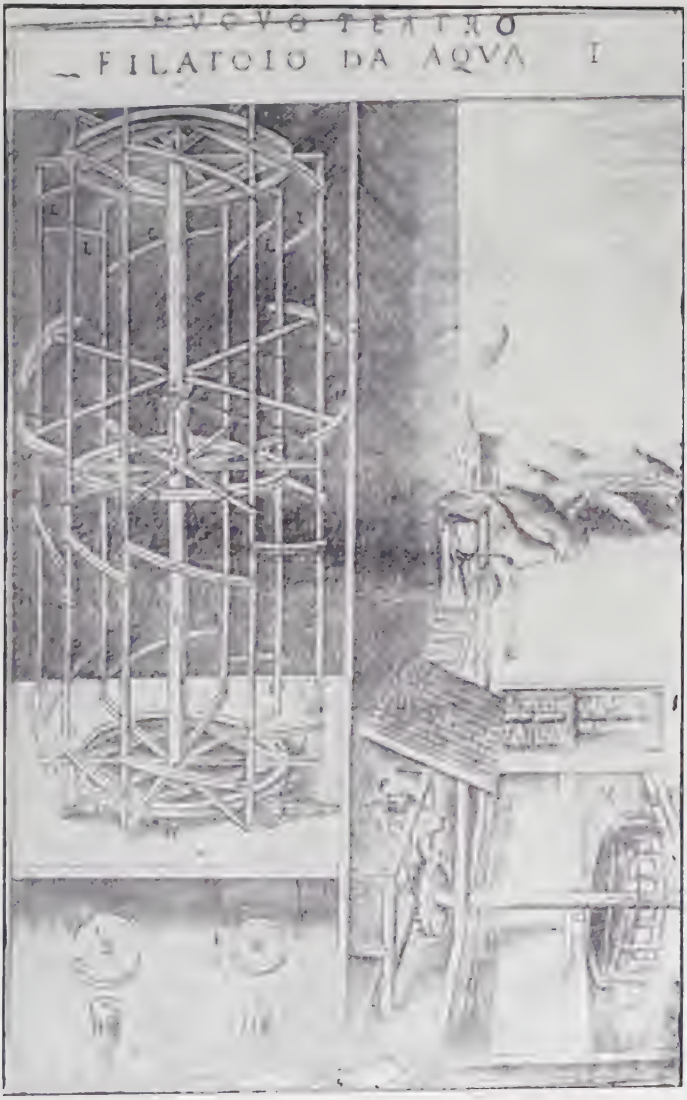


Figur 13.

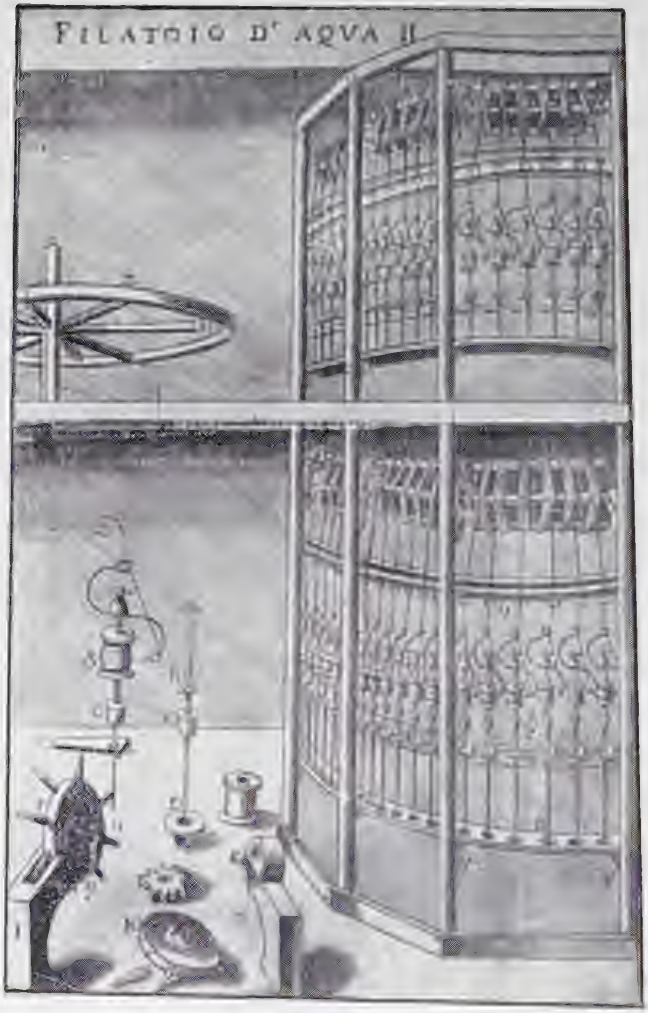


Figur 14.

Figur 15.

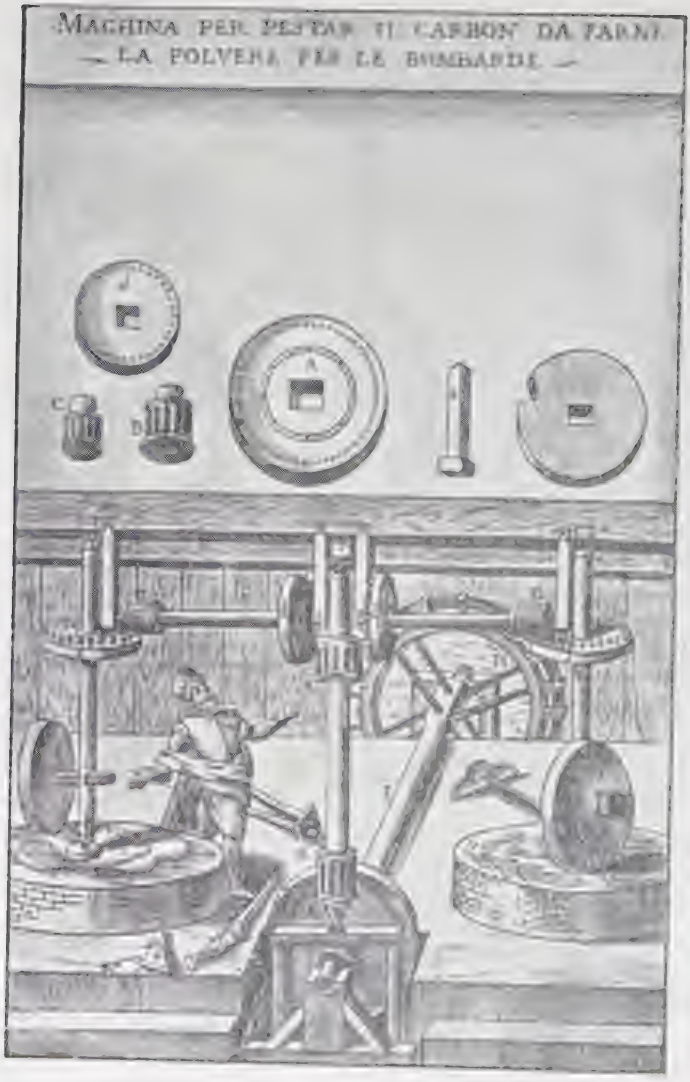


Figur 16.

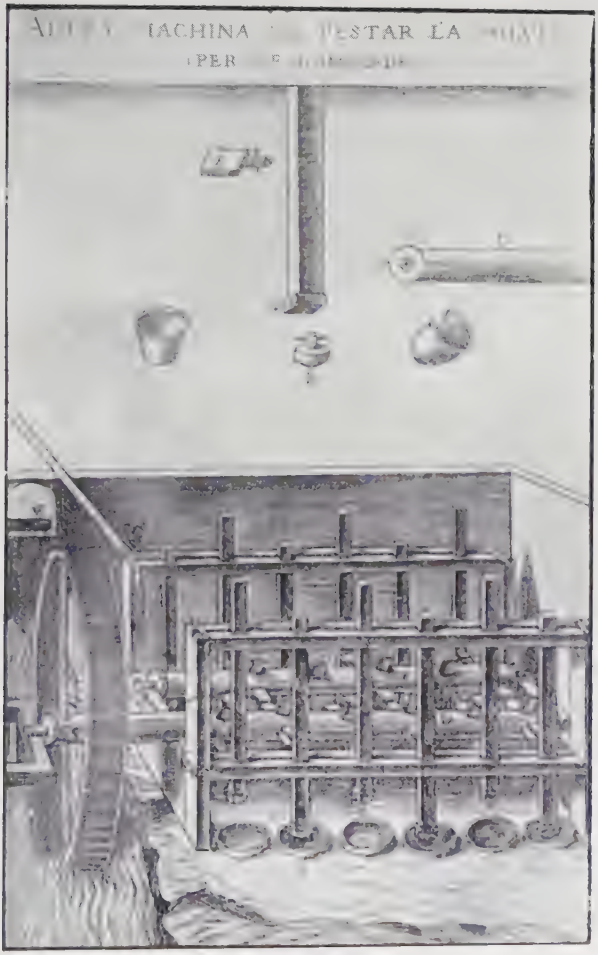


Figur 17.

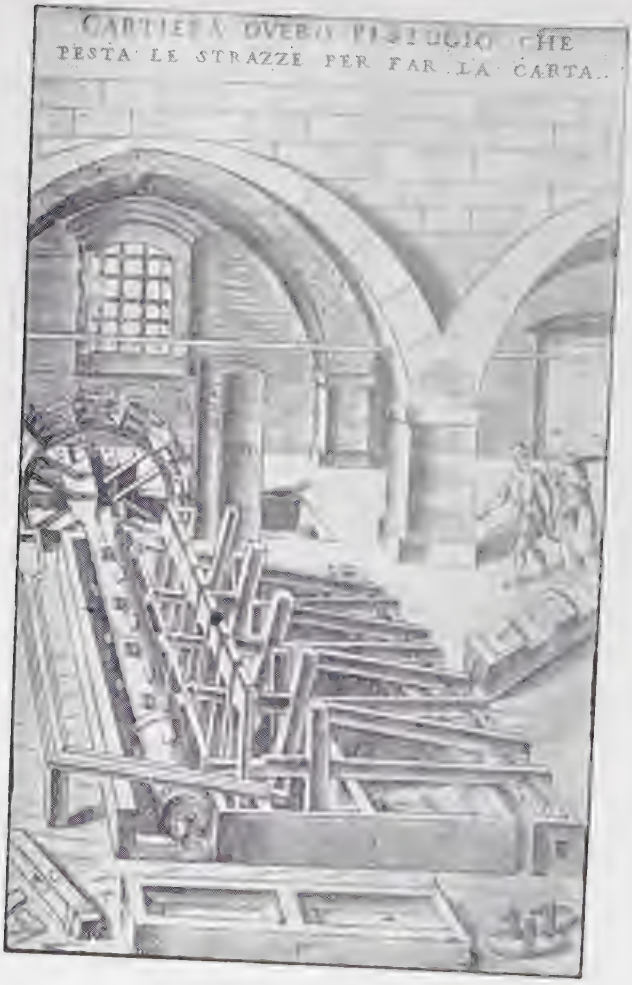
Figur 18.


MACHINA PER PESTAR EL CARBON DA FARNI
— LA POLVERA PER LE BOMBARDE —
A
B
C

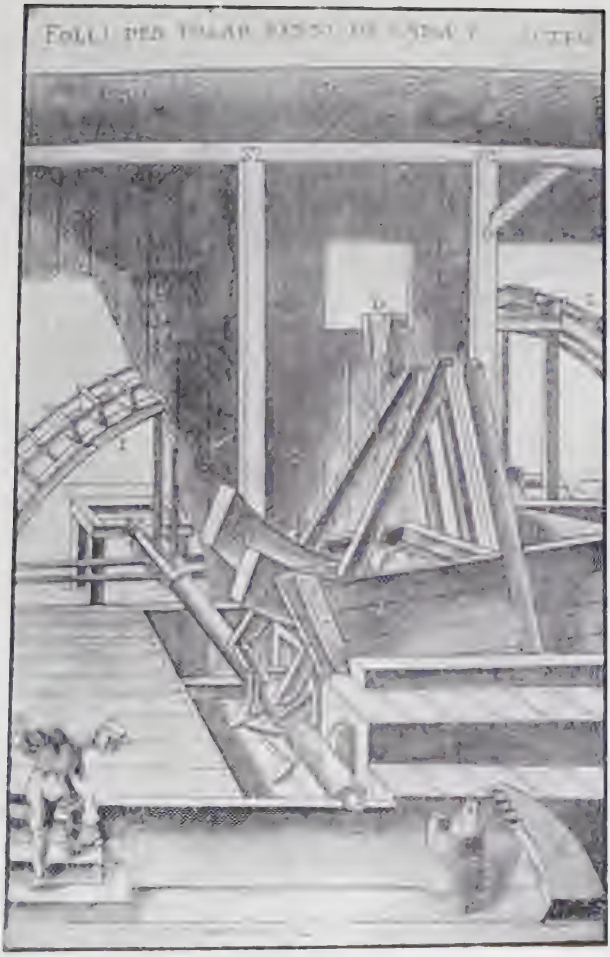
Figur 19.



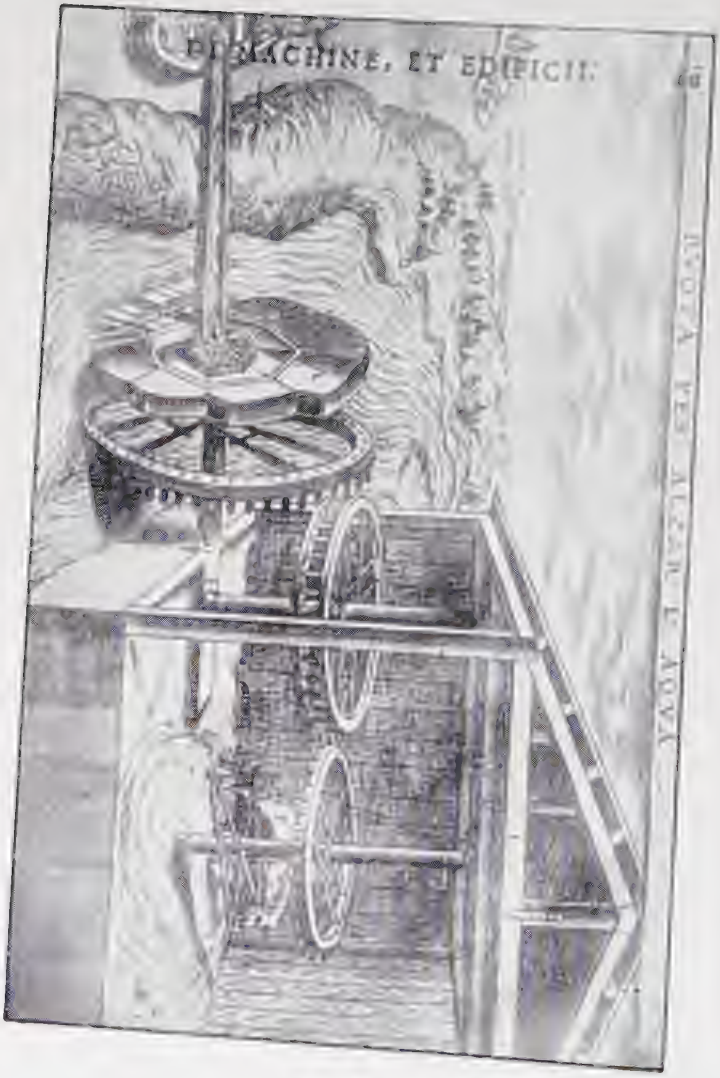
Figur 20.


CARTIERA OVERO PISTOIO CHE
PESTA LE STRAZZE PER FAR LA CARTA

Figur 25.



Figur 22.



Figur 23.

Eisen-, Hüttenwerke, Glashütten, Textilmanufakturen liessen sich im 17. und 18. Jahrhundert, soweit ihre Werkstätten auf grössere Kraftmengen angewiesen waren, in den wasserreichen, aber meist engen Gebirgstälern nieder, obschon dieselben wegen des beschränkten Raumes, wegen ihrer Abgelegenheit und schweren Zugänglichkeit mancherlei Nachteile für die Besiedelung boten. In der für die Gewinnung von Wasserkraft geeigneten Flusstälern reihte sich oft Kraftwerk an Kraftwerk. Es entstanden die schmalen, langgezogenen Ortschaften, wie wir sie noch heute in den Tälern des Riesengebirges und anderer Bergländer finden.

Bei den erheblichen Nachteilen, welche diese engen, abgelegenen und unwegsamen Gebirgstäler für die Erbauung gewerblicher Anlagen, für die Ansiedelung und Ernährung der Arbeiter, für das Herbeischaffen der Rohstoffe und die Fortführung der erzeugten Waren boten, war es begreiflich, dass es nur der Auffindung einer leistungsfähigen und nicht an die Scholle gebundenen Kraftquelle bedurfte, um das Gewerbe aus den Gebirgstälern in die Flachländer und an die grossen Verkehrswege der natürlichen Ströme zu verpflanzen.

Diese die Industrie aus ihrer räumlichen Gebundenheit erlösende Energiequelle lieferte die Dampfmaschine. Die Dampfmaschine liess sich nicht nur an jedem beliebigen Orte aufstellen, sie war auch den meist sehr unvollkommen hergestellten Wasserrädern gegenüber wirtschaftlich überlegen, zumal dort wo die Kohle, deren Energie die Dampfmaschine ausnutzt, billig beschafft werden konnte.

Wie früher der Wasserkraft, so folgte nunmehr die Industrie der Kohle. Die selbst Kohlen liefernden und mit

Kohlenzechen durch leistungsfähige und billige Verkehrswege verbundenen Gegenden eroberten sich in raschem Aufschwung die führende Stelle im wirtschaftlichen Leben. Die alten Wasserräder der Gebirgstäler waren dem Wettbewerb der Dampfkraft nicht gewachsen. Sie wurden still gelegt oder doch nur mit geringem Nutzen in Betrieb gehalten.

Fast unbeschränkt beherrschte die Dampfmaschine, zu der später andere mit Gas, Petroleum, Spiritus oder Benzin betriebene Wärmekraftmaschinen hinzukamen, das Gebiet der Krafterzeugung bis in das letzte Viertel des vorigen Jahrhunderts,[1]) und immer weiter drang die Lokomotive auf dem eisernen Schienenstrang in weltabgelegene Dörfer ein, so neue Gebiete der Industrie als Absatzgebiete eröffnend. Die Erleichterung des Verkehrs ermöglichte eine Vergrösserung der Konsumation. Die Transportkosten nahmen ab, die Produkte konnten billiger verkauft werden.

Den Wassertriebwerken erging es somit ähnlich wie den Wasserstrassen, die bei ihren ungenügenden Abmessungen und bei ihrem mangelhaften technischen Zustande dem Wettbewerb der Eisenbahnen anfangs nicht gewachsen waren und vielfach bereits als veraltete und nicht mehr lebensfähige Verkehrswege galten.

Wie aber bei dem gewaltigen Anwachsen des Verkehrs bald erkannt werden musste, dass die Eisenbahnen allen

---

[1]) Vergl. Dr. Waldemar Koch: Die Konzentrationsbewegung in der deutschen Elektroindustrie, München, 1907.

Paul Mantoux: La révotution industrielle au XVIIIe siècle. Essai sur les commencements de la grande industrie moderne en Angleterre, Paris, 1905 (Thèse-Lettres).

Anforderungen des Güteraustausches nicht genügen können, da sie für den Transport der billigen Massengüter, bei denen die Schnelligkeit und Zuverlässigkeit keine wesentliche Rolle spielt, zu teuer arbeiten; wie man sich für den grossen Massenverkehr wieder den natürlichen und künstlichen Wassermengen zuwandte, die mit den vollkommensten technischen Mitteln zu leistungsfähigen Verkehrsadern ausgebaut wurden; wie auf eine Zeit des Stillstandes und sogar des Rückganges in fast allen Kulturländern im letzten Vierteljahrhundert wieder eine Blütezeit der Wasserstrassen erfolgt ist, ganz ähnlich ist es den Wasserkraftanlagen im Wettkampf mit den Wärmekraftmaschinen ergangen.

Bei ihrer mangelhaften Anlage und ihrer örtlichen Gebundenheit konnten die Wasserkraftwerke dem Siegeslauf der Dampfmaschine anfangs nicht widerstehen, auch sie wurden, wie die Wasserstrasse für veraltet und nicht mehr wettbewerbsfähig erachtet. Als aber mit dem Verkehr auch das Kraftbedürfnis immer gewaltiger anwuchs, da erwiesen sich, wie die Eisenbahnen für den Massenverkehr, so auch die Dampfanlagen für den Massenbedarf an Energie vielfach zu teuer. Man wandte sich auf der Suche nach billigen und grossen Energiequellen wieder den Wasserkräften zu, nachdem man es gelernt hatte, auch die gewaltigen Naturkräfte in den Dienst des Menschen zu zwingen, die in so reichem Masse in den starken Gefällen der Wildbäche und Gebirgsflüsse des Hochgebirges und in dem Wasserreichtum der grossen Ströme enthalten sind. So kamen die lange vernachlässigten Wasserkräfte in neuerer Zeit allenthalben wieder zur Geltung. Eine wahre Jagd nach den verfügbaren Wasserkräften ist

entbrannt, und trotz der bedeutenden Fortschritte im Bau der Wärmekraftmaschinen geniessen die Wasserkraftanlagen zur Zeit eine ganz besondere Beachtung und Wertschätzung.

Wie die Wasserstrassen mit den Eisenbahnen zur Bewältigung des Verkehrs, so arbeiten heute die Wasserkraftwerke schon vielfach zusammen und Hand in Hand mit den Wasserkraftanlagen zur Deckung des hohen Kraftbedarfes unseres so reich entwickelten Gewerbes, und wie den Wasserstrassen überwiegend die billigen Massengüter zufallen, so werden auch die Wasserkräfte in neuer Zeit besonders zur Befriedigung des oft gewaltigen Kraftbedarfes der Grossbetriebe der elektrochemischen und der Holzstoffindustrie, die nur bei billigen Energiepreisen bestehen können, und der grossen elektrischen Centrale verwendet, die ihren Strom auf zahlreiche Abnehmer verteilen.

Mit dem ausserordentlichen industriellen Aufschwung Deutschlands in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts stieg das Bedürfnis nach Kohle verhältnismässig stark.

Einen Beleg für die ausserordentliche Zunahme des Kohlenverbrauches liefert uns die Statistik der Kohlenförderung.

Trotz dieser Produktionssteigerung von Kohlen trat in den letzten 30 Jahren eine ständige Steigerung der Kohlenpreise ein, die im Jahre 1900 zu einer wahren Kohlennot wurde.

Die starke Nachfrage nach Wasserkräften in den letzten 20 Jahren ist daher jedenfalls darauf zurückzuführen, dass der Preis der Kohle, der wichtigsten Energie-

quelle der Wärmemotoren, stark gestiegen ist, und dass auf ein weiteres Anziehen der Preise bei immer schwieriger werdendem Abbau der Kohlenlager und bei den ständig steigenden Löhnen auch für die Zukunft gerechnet werden muss.

Gleichzeitig bewirkt die Schwierigkeit der Abwälzung der Kostensteigerung der Kohle oder der Kampf gegen die aus derselben Ursache hervorgehenden Tarifsteigerungen der Eisenbahnen die Produzenten, auch die Transportkosten zu verringern, und hier wieder bietet sich ihnen die Ausnützung der Wasserkraft als Transportmittel an.

II.

Die technische Ausbildung der Wasserwirtschaft.

Unter dem Ansporn dieser Wirtschaftslage nahmen die Wasserkraftwerke trotz des Wettbewerbes der so sehr vervollkommneten Wärmekraftmaschinen einen lebhaften Aufschwung. Dieser ist wieder in den bei der Gewinnung und Verwertung der Wasserkräfte erzielten technischen Fortschritten zu suchen, durch welche die Wasserkräfte ganz bedeutend verbessert und verbilligt worden sind.

Musste man sich früher mit der Ausnutzung kleiner Wassermengen und geringer Fallhöhen begnügen, konnten die gewonnenen Kräfte nur in unmittelbarer Nähe des Gewinnortes ausgenutzt werden, so schreckt man heute nicht mehr davor zurück, Wassermengen von mehreren Hunderten Kilometern in der Sekunde und Gefälle von vielen Hunderten Metern Höhe auszunutzen und die gewonnenen Kräfte durch dünne Kupferdrähte Hunderte von Kilometer weit zu den Verwendungsstellen fortzuleiten.

Der Bauingenieur, der Maschineningenieur und der Elektrotechniker haben in gemeinschaftlicher Arbeit den Wasserkräften ihre heutige Bedeutung gegeben.

Der Bauingenieur hat es gelernt, auch in den wildesten Gebirgsflüssen und in den mächtigen Strömen Wehre zu erbauen und oberhalb dieser Wehre das Wasser aus dem natürlichen Bett in künstlich hergestellte Kanäle abzuleiten: er weiss die Wehre und die Abläufe der Kanäle vor den Sinkstoffen und Geschieben der Flüsse, vor dem Angriff des Wassers und des Eises zu schützen, er leitet das Wasser sicher an den Uferhängen entlang, führt es auf Aquäducten über oder in Druckleitungen durch tief eingeschnittene Täler und in ausgesprengten Stellen oft Tausende von Metern weit durch die Berge hindurch.

Er leitet es durch eiserne Druckrohre, die oft mehrere Meter Durchmesser besitzen, zu den Turbinen, aus denen es nach Abgabe seiner Energie durch die Unterwassergräben wieder in die Naturbetten zurückfliesst. Er hat es auch gelernt, die Wasserführung der Flüsse durch Aufspeicherung des Ueberflusses in Staubecken zu regeln und die Wasserkräfte dadurch mit den Ansprüchen des Bedarfes zeitlich in Einklang zu bringen.

Der Maschineningenieur hat die alten hölzernen Wasserräder durch Turbinen aus Eisen und Stahl ersetzt, er passt sie den verschiedensten Wassermengen und Gefällen an und weiss auch bei schwankender Beaufschlagung und wechselnden Fallhöhen noch einen guten Wirkungsgrad zu erzielen. Er stellt Turbineneinheiten her, deren Leistungsfähigkeit schon 12500 Pferdestärken übersteigt.

Der Elektrotechniker endlich setzt die in den Turbinenwellen erzeugte Energie in elektrischen Strom um und verteilt ihn weithin auf die Stätten der Arbeit. Er hat also dadurch die Erfindung des Dynamoprincips, die Wasserkräfte des Nachteiles der örtlichen Gebundenheit an meist für die Verwendung wenig günstige Stellen entkleidet und sie zum ebenbürtigen, ja vielfach überlegenen Bundesgenossen der Wärmekraftmaschinen gemacht. Nachdem kleinere Versuche zur Fernleitung der Kraft schon seit Anfang der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts ausgeführt waren, wurde die erste grössere elektrische Kraftübertragung im Jahre 1891 verwirklicht, als der Frankfurter internationalen elektrotechnischen Ausstellung von dem 175 Kilometer entfernten Lauffen am Neckar elektrische Energie zugeführt wurde. 21 Jahre sind seitdem

verflossen und in diesen 21 Jahren sind grosse Wasserkraftwerke mit elektrischer Kraftübertragung in beträchtlicher Zahl zur Ausführung gekommen. Diese Werke haben sich fast stets als erfolgreiche Unternehmungen erwiesen, wenn auch bei diesen ersten Anlagen mancherlei Schwierigkeiten zu überwinden waren, wenn auch aus Mangel an Erfahrung technische Fehler begangen wurden, und wenn auch der Absatz der Kraft bei der überstürzten Anlage grosser Werke in abgelegenen Gegenden anfangs Schwierigkeiten gemacht hat.

War ursprünglich auch der Nutzeffekt infolge der grossen Reibungs- und Leitungsverluste gering, so gelang es doch dem rastlosen Eifer der Elektrotechniker bald denselben so zu steigern, dass man eine Kraftübertragung auf 1000 Kilometer bei 200 000 Volt für möglich hält. Wirtschaftlich hängt natürlich die Grösse der Uebertragung von den örtlichen Verhältnissen, Grösse der Industrie und Vorhandensein anderer Kraftquellen ab.[1])

Bei dem allgemeinen Interesse, das der Wasserkraftgewinnung zur Zeit allenthalben entgegengebracht wird, ist schon häufig die Frage aufgeworfen worden, welche Hoffnungen für die Zukunft auf die Verwertung der ausnutzbaren Wasserkräfte gesetzt werden dürfen.

Bei Beantwortung dieser Frage ist zu berücksichtigen, dass für die Bewertung einer Wasserkraft nicht nur die im Jahresmittel erzeugte Energiemenge und ihr Preis, sondern sehr wesentlich auch der Umstand ins Gewicht fällt, wie weit diese Energiemenge zeitlich mit dem Bedarf zusammenfällt oder ihm angepasst werden kann.

[1]) Vergl. Statistik der Elektrizitätswerke in Deutschland, herausgegeben von G. Dettmar, Berlin 1911.
Statistik über Starkstromanlagen, Zürich 1911.

Nach diesem Gesichtspunkte sind die Wasserkräfte in solche Kräfte einzuteilen, die das ganze Jahr hindurch in etwa gleicher Stärke zur Verfügung stehen, in solche, die erheblichen Schwankungen je nach der Wasserführung des speisenden Flusslaufes unterliegen, und endlich in solche, die in ihrer Leistung dem Kraftverbrauch, auch wenn derselbe erheblichen Schwankungen unterliegen sollte, zeitlich angepasst werden können.

Die zuerst genannte Art der Wasserkräfte, die in ihrer Grösse erheblichen Schwankungen nicht unterliegen, werden gewöhnlich bei der Ausnutzung der Kraft der grösseren Ströme gewonnen, bei denen zwar meist nur mässige Gefälle, dafür aber erhebliche Wassermengen zur Verfügung stehen. Bei solchen mit dem Namen Niederdruckanlagen bezeichneten Werken beschränkt man sich meist auf die Verwertung einer das Niederwasser nicht oder nur wenig übersteigenden Wassermenge, so dass die Turbinen das ganze Jahr hindurch voll oder doch nahezu vollständig ausgenutzt werden können. Die Kraftleistung ist daher eine nur in engen Grenzen schwankende.

Wegen ihrer meist bedeutenden und gleichmässigen Leistung eignen sich diese Werke besonders für Fabrikbetriebe mit einem grossen und wenig wechselnden Energiebedarf. Zur Versorgung elektrischer Centralen für Licht und industrielle Kleinbetriebe, sowie für den Betrieb von Eisenbahnen können sie Verwendung finden, wenn der grösste Kraftverbrauch die Leistung der Turbinen, die unter Umständen durch eine Dampfreserve erhöht werden kann, nicht übersteigt. Dabei verbleiben allerdings zur Zeit schwächeren Stromverbrauchs seitens der Centralen sehr erhebliche Energieüberschüsse, die verloren gehen, wenn

nicht Grossbetriebe angeschlossen werden können, welche diese stark schwankenden Restkräfte abnehmen.

Zu diesen Niederdruckanlagen mit wenig schwankenden Leistungen gehören das Werk in Rheinfelden, die verschiedenen Kraftwerke an der unteren Aare, das Werk der Stadt Genf an der Rhône bei Chèvres, sowie die zahlreich geplanten Kraftwerke am badischen und elsässischen Oberrhein.

Bei dem Ausbau solcher Wasserkräfte wird in der Regel das Niederwasser oder doch wenigstens derjenige Wasserstand, welcher 9 Monate lang vorhanden ist, der Ausführung zu Grunde gelegt. Das Hochwasser kann hier nicht ausgenützt werden, da bei der grossen Wasserführung die Dimensionen der Zufuhrkanäle und der Kraftwerke so gross sind, dass sie nur bei einer bestimmten Zeitdauer der Kraftquelle wirtschaftlich noch ausführbar sind. Es ist also unwirtschaftlich, die gesamte Anlage für Hochwasser, das nur eine verhältnismässig kurze Zeit des Jahres dauert, voll auszubauen. Bei länger dauerndem Hochwasser lässt sich diese Schwierigkeit umgehen durch Einfügung einer von der Hauptanlage getrennten Hochwasserturbine, die so gelegt wird, dass sie den vollen Gefällunterschied ausnützen kann.

Wegen der grossen Abmessungen der Leitungskanäle und der Turbinen ist der Einheitspreis der Energie bei diesen Niederdruckanlagen selten besonders niedrig. Er ist im Allgemeinen um so höher, je kleiner das ausgenützte Gefälle ist.

Im Gegensatz zu diesen Niederdruckanlagen nutzen die „Hochdruckanlagen“ grosse Gefälle und meist nur bescheidene Wassermengen aus.

Die Dimensionen einer solchen Kraftanlage sind entsprechend den geringen Wassermengen bei gleicher Leistung bedeutend geringer als bei einer Niederanlage. Das geht ohne weiteres hervor, wenn man bedenkt, dass die beiden Faktoren, die eine Wasserkraft bedingen, die Wassermenge und die Gefällhöhe sind, und dass, wenn man von den Wasserkräften als einem in der Natur gebotenen Nationalvermögen spricht, man die im fliessenden Wasser geleistete Arbeit der Schwere im Auge hat. Die Grösse dieser Arbeit wird in Pferdestärken-Einheiten (PS oder HP) ausgedrückt, indem man das Produkt aus der Fallhöhe in Meter und dem Gewicht der sekundlich durchfliessenden Wassermenge durch die Zahl 75 teilt. In dem natürlichen Wasserlauf wird diese Arbeit der Schwere jedoch zur Ueberwindung der der Bewegung des Wassers entgegenwirkenden Reibungswiderstände, auch zum Transport der Sinkstoffe verbraucht, so dass etwa nur 75 % der im fliessenden Wasser vorhandenen Energiemenge in Wirklichkeit ausgenützt werden kann. Die Anlagekosten sind bei diesen Hochdruckanlagen gewöhnlich viel geringer als bei den Niederdruckanlagen, so dass die Erweiterung der Anlagen auch zur Ausnutzung von Wassermengen, die nur während eines Teiles des Jahres zur Verfügung stehen, sich als lohnend erweist. In vielen Fällen werden Hochdruckanlagen sogar für Wasserführungen ausgebaut, welche die kleinsten im speisenden Fluss vorkommenden Wassermengen um das Vier- bis Fünffache übertreffen. Diese Werke arbeiten demnach bei Niederwasser nur mit einem Bruchteil ihrer Höchstleistung.

Zu den Hochdruckanlagen dieser Art gehören fast alle grösseren Wasserkräfte an den Wildbächen und

Gebirgsflüssen der Mittel- und Hochgebirge, unter anderen auch diejenigen des Schwarzwaldes. Diese Werke eignen sich sehr wenig für den Betrieb von elektrischen Centralen für Lichterzeugung und Eisenbahnbetrieb, weil ihre Leistung in trockenen Zeiten stark zurückgeht und ein Zusammentreffen der kleinsten Leistung mit einem grossen Energiebedarf nicht ausgeschlossen ist. Am zweckmässigsten wird die Kraft solcher Anlagen in Werken ausgenützt, welche ihren Betrieb den gerade verfügbaren Kraftmengen zeitlich ohne grossen Nachteil anzupassen vermögen, wie dies zum Beispiel bei den Papierfabriken der Fall ist, die ständig Kraft nur für den Betrieb ihrer Papiermaschinen gebrauchen, während der Holzschliff, dessen Gewinnung in den Schleifereien weit grössere Energiemengen erfordert, bei hohen Wasserständen auf Vorrat hergestellt werden kann. Der niedrige Einheitspreis der Energie entschädigt oft reichlich für die Nachteile des erschwerten Betriebes.

Bei der geringen Bewertung, welche die in ihrer Leistung stark schwankenden Wasserkräfte der Hochdruckanlagen bei ihrer immerhin nur beschränkten Verwendungsmöglichkeit finden, sind die Bestrebungen des Ingenieurs seit langem darauf gerichtet, diese Kräfte durch Aufspeicherung von Energie zu Zeiten reichlichen Wasserabflusses in ständige umzuwandeln, oder sie sogar darüber hinaus dem gerade vorhandenen Kraftbedürfnis in ihrer Grösse anzupassen. Die Mittel, die hierzu Verwendung finden können, sind die Aufspeicherung elektrischer Energie in Akkumulatoren-Batterien oder die Aufspeicherung von potentieller Energie durch Hebung von Gewichten, durch Aufpumpen von Wasser in Hochreservoire oder durch die Aufspeicherung des zur Energieerzeugung verwendeten Wassers vor der Ausnützung seines Gefälles in Staubecken.

Von diesen Mitteln finden die elektrischen und die Gewichts-Akkumulatoren wegen des sehr hohen Preises nur für die Aufspeicherung kleiner Kräfte auf kurze Zeit Verwendung.

Die Kraftaufspeicherung durch Aufpumpen von Wasser in Hochbehälter ist in manchen Fällen mit Erfolg angewandt worden. Sie hat indessen den Nachteil, dass bei ihr, infolge der beträchtlichen Reibungsverluste in den Pumpen, Rohrleitungen und Turbinen nur 40 bis 50 Hundertstel, im günstigsten Falle aber höchstens 60 Hundertstel der vorhandenen Energie zur Ausnutzung gelangen können. Wegen der grossen bei dieser Art der Kraftaufspeicherung eintretenden Energieverluste wird man daher dort, wo die örtlichen Verhältnisse die Aufspeicherung erheblicher Wassermengen in Staubecken vor der Zuleitung zu den Kraftwerken gestatten, dieses Mittel stets bevorzugen.

Bei der Aufspeicherung des Wassers vor seiner Ausnutzung tritt nicht nur kein Energieverlust ein, sondern es wird sogar meistens eine wesentliche Vermehrung der jährlich ausnutzbaren Energiemenge dadurch bewirkt, dass die sonst bei Hochfluten über die Wehre ungenutzt abfliessenden Wassermengen durch die Aufspeicherung ganz oder doch zum Teil der Verwendung erhalten bleiben. Die Staubecken bewirken demnach ausser der zeitlichen Anpassung der verfügbaren Kraft an den Verbrauch gewöhnlich auch eine Vergrösserung der ausnutzbaren Energiemenge.

Der Nutzen der Staubecken ist im allgemeinen um so grösser, je bedeutender die ausnutzbare Fallhöhe ist, da die in einem Stauraum von bestimmter Grösse aufgespeicherte Energiemenge proportional der Fallhöhe anwächst.

Die Grösse des Gefälles kann hier künstlich erhöht werden, wenn man einen gewissen sogenannten toten Bestandteil des Stauinhaltes immer vorbehält, falls Hochwassergefahr kein vollständiges Leerlaufen der Sperre erfordert.

Bei einer ausnutzbaren Fallhöhe von weniger als 50 bis 100 Meter ist die Aufspeicherung von Wasser in Staubecken zur Kraftgewinnung unter deutschen Verhältnissen in den meisten Fällen nicht mehr lohnend.

Durch Staubecken in ihrer Leistung regulierbare Hochdruckwerke eignen sich in hervorragender Weise zur Kraftlieferung an elektrische Centralen für die Licht- und Kleinkraftversorgung und zum Eisenbahnbetrieb, da sie ohne allzuhohe Mehrkosten so angelegt werden können, dass sie jederzeit zur Abgabe von Energiemengen befähigt sind, welche die mittlere Leistung des Werkes um ein Vielfaches übertreffen.

Als Beispiel von ausgeführten, durch künstliche Staubecken oder durch aufgestaute Gebirgsseen dem Energiebedarf angepasste Hochdruckwerken sind zu nennen das Kraftwerk bei Heimbach in der Eifel, das durch die 45.5 Millionen cbm Wasser fassende Urftsperre reguliert wird, das Kubelwerk bei St. Gallen mit einem ungenügenden Staubecken von 140000 cbm Fassungsraum und das nahezu vollendete Löntschwerk bei Glarus, das durch den aufgestauten Klönsee reguliert werden soll.

Grosse Schwierigkeit erfordert der Ausbau von Wasserkräften an kanalisierten und schiffbaren Flüssen. Bei den kanalisierten Flüssen muss bei Hochwasser und Eisgefahr das Wehr niedergelegt werden, bei schiffbaren Flüssen entsteht bei der Schleusung eine Unterbrechung

der Krafterzeugung. Um hier die teuren Anlagekosten für Zufuhrkanäle zu ersparen, kann man das Turbinenhaus im Flusse selbst auf einem hochwasserfreien Pfeiler anbringen, so dass auch die Möglichkeit gegeben wird, die Energie dem Wohle der Menschheit dienstbar zu machen.

Es ist wohl zweifellos, dass man bei der fortschreitenden Wertschätzung der Wasserkräfte immer mehr dazu übergehen wird, Anlagen der zuletzt besprochenen Art auszuführen, um der gewonnenen Kraft durch ein gutes Anpassungsvermögen an den Bedarf einen möglichst hohen Wert zu geben. Um das in weitestem Umfange zu ermöglichen, ist es erforderlich, dass man bei der Aufstellung der Entwürfe für Wasserkraftanlagen grosse Gefälle in einzelnen Werken zusammenfasst, weil die sehr kostspieligen Stauwerke nur bei Ausnutzung ihres Wassers in grossen Gefällstufen lohnend sind.

Die Erbauung von Stauwerken zur Regulierung des Wasserabflusses sollte von den Behörden in jeder Weise erleichtert und gefördert werden, weil jedes neue Staubecken über den unmittelbaren Nutzen für die Wasserkraftgewinnung hinaus einen Schritt weiter zum höchsten Ziele jeder Wasserwirtschaft bedeutet, das in dem möglichst vollständigen Ausgleich des Wasserabflusses in den ganzen Stromsystemen besteht.

Bei der gegenseitigen Bewertung der Wärme- und der Wasserkraftanlagen spricht zu Gunsten der Wärmekräfte, dass dieselben überall erstellt werden können, dass daher eine kostspielige Uebertragung der Kraft auf grössere Entfernungen bei ihnen fortfällt, während Wasserkräfte in grossen Teilen der Erde, namentlich in den sehr ausgedehnten Flachländern, oft ganz fehlen, und ferner der

Umstand, dass die Wärmekraftmaschinen jederzeit mit ihrer vollen Leistungsfähigkeit beansprucht werden können, während bei den Wasserkraftwerken, sofern sie nicht mit genügend grossen Staubecken in Verbindung stehen, häufig eine Einschränkung des Betriebes wegen Wassermangels erforderlich wird.

Demgegenüber besitzen die Wasserkraftwerke andererseits den Vorteil der grösseren Sauberkeit, des Fehlens einer Verunreinigung der Atmosphäre, der geringeren Abhängigkeit von dem Geschick und dem guten Willen des Bedienungspersonals, der vollständigen Unabhängigkeit von der regelmässigen Zuführung von Brennstoffen, vor allem aber des niedrigen Preises der Energie.

III.

Die Menge der verfügbaren Wasserkräfte.

Der Preis der Energie-Einheit ist für die Entscheidung über die Wahl einer Energiequelle von ausschlaggedender Bedeutung.

Während auch bei den besten Wärmekraftanlagen in der Nähe der Kohlenzechen die Pferdestärke-Stunde bei gleichmässigem und dauerndem Betrieb, das heisst unter den für Wärmekraftanlagen günstigsten Verhältnissen nicht unter 1 bis 2 Pfg. die Kilowatt-Stunde, aber am Schaltbrett der Centralen nicht unter 1½ bis 3 Pfg. gewonnen werden kann und bei starken Schwankungen im Betrieb, wie sie bei Licht- und Eisenbahnen-Centralen auftreten und in grösserer Entfernung von den Kohlengruben der Herstellungspreis auf mehr als das Doppelte dieser Werte anwächst, stellen sich in den grösseren Hochdruckwasserkraftwerken die Einheitspreise vielfach um das 2- bis 3fache niedriger, und auch bei den teurer arbeitenden Niederdruckanlagen wird die Krafteinheit meist noch zu einem ganz wesentlich billigeren Preise gewonnen, als es bei den Wärmekraftwerken möglich ist.

Da es sich bei einem grösseren Kraftwerk stets um viele Millionen, zuweilen sogar um hundert Millionen und mehr Pferdestärke-Stunden im Jahre handelt, kommen hier Ersparnisse in Betracht, die von grosser volkswirtschaftlicher Bedeutung sind, Ersparnisse, welche die wasserreichen Gebirgsländer für viele Nachteile, die sie den Flachländern gegenüber besitzen, entschädigen können.

Diejenigen Länder, in denen die Wasserkräfte schon frühzeitig in grosszügiger Weise erschlossen wurden, haben ihre segensreiche Wirkung schon deutlich empfunden,

unter ihnen in Europa in erster Linie die Schweiz, Ost-Frankreich und Italien. Der gewaltige wirtschaftliche Aufschwung dieser Gebiete in den letzten Jahren ist unbestritten sehr wesentlich dem Ausbau der grossen Wasserkräfte der Alpenflüsse zu verdanken.

In welchem Umfange die Wasserkräfte das Energiebedürfnis in den einzelnen Ländern der Erde zu decken vermögen, lässt sich heute noch nicht mit Sicherheit übersehen. Wir können zwar in den fliessenden Gewässern einzelner Teile der Erdoberfläche den enthaltenen Energievorrat aus den bekannten Gebietsgrössen, den mittleren Meereshöhen, den Niederschlags- und den Verdunstungshöhen, sowie aus den vielfach durch Messung bestimmten Abflussmengen der Gewässer annäherungsweise berechnen. Welcher Teil dieser theoretischen, die Arbeitsleistung des gesamten auf der Erdoberfläche abfliessenden Wassers umfassenden Rohenergie sich aber praktisch verwerten lässt, ist ohne eine sehr eingehende Durcharbeitung der einzelnen Gebiete nur ungenau anzugeben, da das Verhältnis der ausnutzbaren Wasserkräfte zur Rohenergie in sehr weiten Grenzen schwankt, und weil auch die Grenze der Ausnutzbarkeit von dem Preise der Kohlen und von mancherlei anderen Faktoren abhängt.

Die theoretische Rohenergie des auf der ganzen Erdoberfläche abfliessenden Wassers kann auf 8000 Millionen Pferdestärken geschätzt werden, wobei auf jeden qkm Landfläche 64 PS und auf jeden lebenden Menschen rund 5 PS entfallen.[1])

Für das deutsche Reich berechnet sich die Rohenergie der fliessenden Gewässer zu rund 16 Millionen PS oder zu 30 PS für jeden qkm Land, bezw. zu etwa $^1/_4$ PS für jeden Reichsbewohner.[2])

[1]) Berechnung: Siehe Anhang I.

[2]) Berechnung: Siehe Anhang II.

Nach dieser überschlägigen Berechnung bleibt der auf 1 qkm Bodenfläche kommende Betrag an Rohwasserkräften im deutschen Reiche fast um die Hälfte gegen den Mittelwert für die ganze trockene Erdoberfläche zurück. Bei der starken Bevölkerungsdichte des deutschen Reiches kommt auf jeden Bewohner des Reiches nur rund $^1/_{12}$ des auf jeden Erdbewohner entfallenden Durchschnittsbetrages an Rohenergie.

Wenn eine zuverlässige Schätzung der Grösse der ausnutzbaren Wasserkräfte der Erde zur Zeit kaum möglich ist, so lässt die ungeheure Grösse der vorhandenen Rohwasserkräfte doch den sicheren Schluss zu, dass die Energie der fliessenden Gewässer der Erde zur Deckung des Energiebedarfes der Menschheit mehr als ausreicht.

Wird nämlich die viel zu niedrige Schätzung gemacht, dass von den Rohkräften aller Stromsysteme der Erde auch nur der sechzehnte Teil in lohnender Weise ausgenutzt werden kann, so berechnet sich die dadurch gewonnene Energiemenge schon zu 500 Millionen dauernd wirkender Pferdestärken oder zu $3^1/_2$ PS für 1 qkm Landfläche. Dieser Energiebedarf der Menschheit, der sich aus der Kohlenförderung des Jahres 1907 von rund 1000 Millionen Tonnen annäherungsweise berechnen lässt, ist jedenfalls um weit mehr als das Zehnfache übertroffen.

Diese Feststellung wirkt beruhigend gegenüber der Tatsache, dass der Kohlenvorrat mancher Kulturländer nur noch für wenige Menschenalter ausreicht und dass die Kohlenbestände der Erde, abgesehen vielleicht von den scheinbar grossen Lagern in China, schon in einigen Jahrhunderten erschöpft sein würden, wenn der Kohlenverbrauch in der seitherigen Weise weiterhin anwachsen sollte.

Ist somit die Versorgung der Menschheit mit Energie allein durch die Kraft der fliessenden Gewässer auch für die Zukunft gewährleistet, so liegen die Verhältnisse in den einzelnen Teilen der Erde doch sehr verschieden. In vielen Ländern reichen die vorhandenen Wasserkräfte auch bei völligem Ausbau schon heute nicht mehr zur Deckung des Energiebedarfes aus. Zu diesen Ländern gehört auch Deutschland, dessen ausnutzbare Wasserkräfte auf etwa 2 bis 2.5 Millionen PS geschätzt werden können, während der Energiebedarf auch unter Berücksichtigung der oft nur sehr geringen täglichen Betriebsdauer der Wärmekraftmaschinen, vor allem der Lokomotiven, schon jetzt ein wesentlich höherer ist.

Diese Tatsachen begründen das internationale Interesse an der Kraftabgabe von Land zu Land.

IV.

Der Wettbewerb von Wasser- und Wärmekraftanlage und seine Wirkung.

Für den Privatunternehmer handelt es sich bei der Anlage eines Kraftwerkes lediglich um eine Frage, der grössten Rentabilität. Diese ist abhängig von der Nachfrage nach Kräften, die deren Preis bestimmt.

Der Verbrauch von Elementarkräften in Deutschland ist nun so ausserordentlich gestiegen, dass ihn die vorhandenen Wasserkräfte nur zum Teil befriedigen können. Der Rest wird also wie bisher immer noch den Wärmekraftmaschinen zufallen. Die Wasserkräfte werden also in Deutschland nicht die Wärmekraftmaschinen vollständig verdrängen, sondern sie werden diese auf Gebiete verweisen, wo sie wirtschaftlicher arbeiten als die Wasserkräfte. Die Wirtschaftlichkeit eines Wasserkraftwerkes kann natürlich immer erst auf Grund genauer Projekte und Vergleiche mit Wärmekraftanlagen berechnet werden. Massgebend sind die Anlage- und Betriebskosten. Die letzteren sind aber bei einer Wasserkraftanlage verhältnismässig gering, während sie bei Wärmekraftmaschinen ausschlaggebend sind. Die Betriebskosten entsprechen nur den Zinsen einer Kapitalanlage.

Für die Beurteilung der Frage, ob eine Wasserkraft- oder eine Wärmekraftanlage die billigere Kraftquelle ist, ergiebt sich also die Beziehung:

Wasserkraftanlage — Wärmekraftanlage

Zinsen + Betriebskosten + Amortisation

Wasserkraftanlage	Wärmekraftanlage
Zinsen: Zinsen des Bauanlagekapitals und Zinsen der Kosten des Fernleitungsnetzes.	Zinsen: Zinsen des Bauanlagekapitals.
Betriebskosten: Löhne der Beamten und Arbeiter, minimale Reparaturen.	Betriebskosten: Löhne der Beamten und Arbeiter, Kohlenverbrauch, grösserer Oelverbrauch, schnellere Abnützung.

Die Amortisationszeit der Wasserkraftanlagen ist bedeutend länger als die der Wärmekraftanlagen.

Die Anlage eines Wasserkraftwerkes ist stets ökonomischer, wenn sie die PS billiger herstellt als die Wärmekraftmaschine. Es sind aber noch verschiedene andere Gesichtspunkte volkswirtschaftlicher und sozialer Art, die die Anlage bezw. den Ausbau der Wasserkräfte als vorteilhaft erscheinen lassen.

Betrachten wir hier gerade die Verhältnisse in Deutschland. Bis vor wenigen Jahren erstreckte sich der Hauptsitz der Industrie auf die Kohlengebiete (hauptsächlich Rheinprovinz und Sachsen): die entfernten Gebiete konnten nicht erfolgreich konkurrieren infolge der erhöhten Transportkosten von Kohle. Um dies zu verstehen, ist zu

bedenken, dass mit der Zunahme der Anlagekapitalien immer stärker die Erzeugungskosten von Gebrauchsartikeln den Preis des Rohmaterials und der Hilfstoffe reflektieren und in sinkendem Masse von den Lohnkosten bestimmt werden. Die Preissteigerung der Kohle, soweit sie aus der Erhöhung der Transportkosten hervorgeht, begrenzt daher die industrielle Leistungsfähigkeit vieler Unternehmungen.

Durch das Vorhandensein von Wasserkräften in den kohlenarmen Gebieten (Süddeutschland) wird nun ein gewisser Ausgleich der Produktionskosten geschaffen. Die örtliche Verteilung der Wasserkräfte in Deutschland ermöglicht eine Dezentralisation der Industrie. Die Bevölkerung wird gleichmässiger verteilt. Durch diese Dezentralisation werden die Transportkosten verringert und es vollzieht sich die Ausgleichung der Preise der Produkte in rascherem Tempo.

Ein wichtiger Punkt soll hier noch erwähnt werden: die Ausnützung der Wasserkräfte Ost- und Westpreussens. Bis heute sind diese Gebiete fast ohne jede Industrie geblieben. Durch die Ausnützung der dort in reichlichem Masse vorhandenen Wasserkräfte wird es der Industrie möglich sein, auch dort Fuss zu fassen und so diese Gebiete dem Verkehr in grösserem Masse zu eröffnen. Es dürfte dies vor allem auch in kultureller Hinsicht von Bedeutung sein, insofern als durch eine lebhaft entwickelte Industrie in diesen Landesteilen deutsche Bildung und deutsches Kapital zur Geltung kommen.

Die Wasserkraft kann aber auch dann vorteilhaft ausgenützt werden, wenn sie nicht billiger oder gar teurer zu stehen kommt als eine eventuelle Wärmekraftanlage.

Hier ist zu beachten, dass für die Volkswirtschaft immer die Gesamtsumme der wirtschaftlichen Vorteile aller Unternehmungen in Betracht kommt. Gestalten sich nun die örtlichen Verhältnisse derart, dass neben der Wasserkraftausnutzung noch verschiedene andere korrelate Zwecke erfüllt werden, so kann diese wirtschaftlich sein trotz der hohen Anlagekosten, da diese sich auf eine und dieselbe Nachfrage zu verschiedenen Zwecken verteilen. Dieser Fall findet sich besonders häufig in Norddeutschland, wo sich die einzelnen beteiligten Kreise vielfach zusammengeschlossen haben zur gemeinsamen Ausnützung des Wassers. Von den verschiedenen Talsperren, die in den letzten Jahren dort erbaut worden sind, dienen die meisten zugleich der Trinkwasserversorgung, dem Ausgleich von Hoch- und Niederwasserstand zum Nutzen der Schiffahrt (a. d. Weser), dem Hochwasserschutz und der Wasserkraftnutzung. Gerade was den Hochwasserschutz anbelangt, so kann man ja alljährlich von den verheerenden Hochwassern im Weser- und Odergebiet in den Zeitungen lesen. Durch Erbauung von Talsperren kann nun dieser Gefahr abgeholfen werden. Wenn man bedenkt, dass solche Hochwasser schon oft einen Schaden von mehreren Millionen Mark verursacht haben, anderseits durch Aufspeicherung dieses sonst nutzlos dahinfliessenden Wassers bedeutende Kräfte gewonnen werden können, so wird man den grossen kulturellen Wert des Ausbaues dieser Staubecken verstehen können. In Preussen hat diese Erkenntnis denn auch gerade in den letzten Jahren ausserordentliche Fortschritte gemacht, wie dies aus den zahlreichen Gründungen von Talsperren und Wasserkraftgenossenschaften hervorgeht.

Während nun die Wärmekraftmaschinen von dem Preise der Kohlen jeweils abhängig sind, ist der Wert einer Wasserkraft-PS, wenn die Anlage einmal erbaut ist, nahezu konstant. Dies rührt davon her, dass die Herstellungskosten einer Wasserkraftanlage zur Hauptsache durch die Zinsen der Anlagekosten des Kraftwerkes bedingt sind, die Betriebskosten dagegen gering sind. Die Herstellungskosten einer Wärme-PS sind abhängig vom Preise der Kohlen, sind also schwankende. Die Industrie, die der Elementarkraft bedarf, ist daher abhängig vom Kohlenmarkt und von den Transportkosten. Jeder Kohlenstreik trifft zugleich auch die Industrie und in letzter die ganze Volkswirtschaft. Die Wasserkraft hat also den Vorteil der wirtschaftlichen Stabilität.

ANHANG I.

Berechnung der Rohwasserkräfte der Erde.

Oberfläche der sämtlichen Festländer . 125.000.000 qkm
Abzug für abflusslose Gebiete 20 % = 25.000.000 „

Gebiete mit vollem Abfluss 100.000.000 qkm

Unter den abflusslosen Gebieten sind auch diejenigen mit dauernd festem Niederschlag einbegriffen und auch solche, wo die mittlere Jahrestemperatur unter dem Gefrierpunkt liegt. Hier sind die Abflussmengen verschwindend klein. Es gehören hierher die nördlichen Ränder Nordamerikas und Asiens, vor allem die Polarländer. Die abflusslosen Gebiete im Inneren der grossen Kontinente: Kaspisches Meer, Aralsee, Lobnor, u. s. w. bergen in ihren Zuflüssen immerhin bedeutende Wasserkräfte, so dass diese Gegenden für obige Berechnung nur mit einem Bruchteil ihrer Grösse in Abzug kommen dürfen.

Mittlere jährliche Regenhöhe der Erde = 884 mm.

Diese Zahl gilt vor allem für die Randgebiete der grösseren Kontinente; im Inneren ist die Regenmenge geringer. Dieser Umstand soll dadurch berücksichtigt werden, dass die Abflussmenge nur zu rund 28 % der Niederschläge angesetzt wird. Dann wird

Abflusshöhe = 250 mm.

Mittlere Höhe sämtlicher Festländer = 700 mm.

Daraus folgt die Rohwasserkraft K:

$$K = \frac{100.000.000.000.000 \times 0{,}250 \times 700 \times 1000}{75 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60}$$

$$= \frac{100.000\,000.000.000 \times 0{,}250 \times 700 \times 1000}{2.365.200.000}$$

$$K = 7.450.000.000 \text{ PS.}$$

Bei einem Abflussfaktor von rund 30 %:

$$K = 7.800.000.000 \text{ PS.}$$

Wir können daher annähernd setzen:

$$K = 8.000.000.000 \text{ PS.}$$

Auf die gesamte feste Oberfläche der Erde verteilt, ergiebt sich daraus:

$$K = 64 \text{ PS pro qkm}$$

und

$$K = 5 \text{ PS auf den Kopf der Bevölkerung.}$$

ANHANG II.

Berechnung der Rohwasserkräfte des Deutschen Reiches.

Die Rohwasserkräfte des Deutschen Reiches werden aus der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge, der Grösse des Gebiets, sowie der mittleren Höhenlage Deutschlands berechnet. Hierzu kommen noch die Kräfte, die aus fremden Gebieten beigeführt werden, vor allem durch die grossen alpinen Nebenflüsse der Donau, durch den Rhein, die Elbe, Weichsel, Pregel und Memel.

In Abzug sind die dem Gebiete entzogenen Kräfte zu bringen, so vor allem die der Donau und des Rheins jenseits der holländischen Grenze.

Gesamte Gebirgsfläche = 540.000 qkm.

Mittlere Niederschlagshöhe = 710 mm jährlich.

Der Abflussfaktor wurde für die Flüsse Mitteleuropas zu 0,37 angenommen. [1])

Mittlere Höhenlage Deutschlands = 214 m.

Daraus folgt:

Rohwasserkraft Deutschlands:

$$\frac{540.000.000.000 \times 0{,}710 \times 0{,}37 \times 214 \times 1000}{75 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60}$$

$$= 12.850.000 \text{ PS.}$$

Aus einer Untersuchung eines Profils durch Deutschland längs 10° 40' östlich von Greenwich geht hervor, dass diese Werte um 5 % zu vergrössern sind. Dieses Profil enthielt das Höhenprofil des Deutschen Reiches nach dem Atlas von Andree-Peschel im Massstabe 1 : 1.800.000 / 1 : 36.000, sowie das Niederschlagsprofil im Massstab der Längen 1 : 1.800.000, der Höhen 1 : 50 für die Jahre 1893-02 nach der Hellmann'schen Regenkarte.

[1]) Vergl. H. Keller: „Die Abflusserscheinungen in Mitteleuropa", Geographische Zeitschrift, 12. Jahrgang, 1906, 12. Heft.

Durch Multiplikation der Ordinaten wurde das „Arbeitsprofil“ ermittelt.

Durch das Planimetrieren der beiden Profilflächen, Höhenprofilfläche = Fh und der Regenprofilfläche = Fn und Multiplizieren, wurde sodann ein Mittelwert für die Arbeit des fallenden Wassers gebildet, der ca. 0,95 des Wertes war, den man durch Planimetrieren des Arbeitsprofils erhielt.

Daher setzen wir für die vorliegende Untersuchung fest, dass die Mittelwerte der Rohenergie um 5 % vermehrt werden müssen.

Es ist demnach die Rohwasserkraft des Deutschen Reiches:

$$K = 12.850.000 \times 1.05 \quad 13.500.000 \text{ PS.}$$

An Zufuhr erhält das Gebiet des Deutschen Reiches:

Durch den Memelstrom:

$$\frac{580 \times 9{,}6 \times 1000}{75} = 75.000 \text{ PS.}$$

Durch den Weichselstrom:

$$\frac{1120 \times 38{,}6 \times 1000}{75} = 575.000 \text{ PS.}$$

Durch den Elbestrom:

$$\frac{285 \times 120 \times 1000}{75} = 450.000 \text{ PS.}$$

Mithin beträgt die Gesamtzufuhr der

Norddeutschen Ströme . . . . . 1.100.000 PS.

Eine besondere Stellung nimmt die Donau ein, die durch ihre grossen Nebenflüsse bedeutende Energiemengen zuführt, durch ihren Austritt aus dem Reichsgebiet bei Passau jedoch mit einer Fallhöhe von 290 m in Abzug zu bringen ist.

Wassermenge der Donau an der Reichsgrenze:

bei mittlerem Wasserstand = 750 cbm/sec.

Höhenlage an der Grenze = 290 m.

Also wird zunächst dem Reichsgebiet entzogen:

$$\frac{750 \times 290 \times 1000}{75} = 2.900.000 \text{ PS.}$$

Die Nebenflüsse führen bei:

Inn: $\frac{100 \times 480 \times 1000}{75} = 640.000$ PS.

Abzug für österreichischen Kraftanteil: 40.000 „

Rest = 600.000 PS.

Lech: $\frac{25 \times 800 \times 1000}{75} = 257.000$ „

Isar: $\frac{4 \times 920 \times 1000}{75} = 45.000$ „

Tiroler Ache: $\frac{10 \times 580 \times 1000}{75} = 80.000$ „

Salzach: $\frac{90 \times 115 \times 1000}{75} + \frac{90 \times 290 \times 1000}{75} = 418.000$ „

Gesamte Zufuhr der Donau-Nebenflüsse [1]) 1.400.000 PS.

Daher beträgt der Restabfuhr der Donau: 1.500.000 PS.

[1]) Die Angaben über die mittleren Wassermengen und die Höhenlage der Donau-Nebenflüsse sind der Arbeit von Millers über die Wasserkräfte am Nordabhange der Alpen Bayerns in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Band 47, 1903, Seite 1002, entnommen.

Wassermenge des Rheins:

Zwischen Neuhausen und Basel entfallen auf badisches Gebiet[1]) rund 500.000 PS. Die mittlere Wassermenge bei Basel beträgt 850 cbm/sec., wobei die kleinen Nebenflüsse aus deutschem Gebiet bereits in Abzug gebracht sind. Die 850 cbm bei Basel entstammen also durchweg fremden Gebieten (Schweiz, Oesterreich).

Höhenlage des Rheinspiegels bei Basel ca. 245 m.

Also fremde Rohkraft des Rheins bis zum Spiegel der Nordsee: $\frac{850 \times 245 \times 1000}{75} = 2.800.000$ PS.

In Abzug kommt die gesamte Rohenergie zwischen der deutsch-holländischen Grenze und der Nordsee. Hier beträgt die mittlere Wassermenge ca. 2000 cbm/sec. und wir haben bei einer Höhe des Rheins von 12 m an der Grenze:

Rohkraft $= \frac{2000 \times 12 \times 1000}{75} = 320.000$ PS.

Mithin haben wir für die Rohwasserkräfte des Deutschen Reiches folgende Werte:

Rohkraft aus der gesamten Gebietsfläche	=	13.500.000 PS.
Zufuhr der norddeutschen Ströme	=	1.100.000 „
Zufuhr des Rheins 500.000 PS + 2.800.000 „ 320.000 „	=	3.000.000 „
Summe	=	17.600.000 PS.
Abfuhr aus dem Donaugebiet	=	1.500.000 „
Mithin beträgt die gesamte Rohwasserkraft des Deutschen Reiches rund		16.100.000 PS.

Auf die gesamte Oberfläche des Deutschen Reiches verteilt, ergiebt sich daraus:

K 30 PS pro qkm

und K = 1/4 PS auf den Kopf der Bevölkerung.

[1]) Nach Heft XII der „Beiträge zur Hydrographie des Grossherzogtums Baden", 1906.

LITERATUR.

Agricola Georgius, De Re Metallica, Libri XII, Basel, Ausgabe von 1657.

Arldt, Benutzung vorhandener Naturkräfte zur Erzeugung elektrischer Kraft, sowie deren Uebertragung und Verteilung auf die Betriebsstätten eines Werkes, Elektrotechnische Rundschau, Potsdam, 1898, 16, S. 56.

Arnold Engelbert, Die Entwickelung der Elektroindustrie in Deutschland, Karlsruhe, 1899.

Ashley W. J., British Industries, London, New-York & Bamberg, 1903.

Audebrand, Réflexions sur les études préliminaires à l'aménagement des chutes d'eau:

1. Essai de classification des chutes, Houille blanche, Grenoble, 1902, N° 4.
2. Avec quelle précision peut-on connaître la puissance des chutes d'eau, Houille blanche, Grenoble, 1902, N° 7 et 8.

Ausnützung der Wasserkräfte in Frankreich, Berichte der den deutschen Botschaften und Gesandschaften beigegebenen Baubeamten, Berlin, vom 16. Juni 1902, Nr. 354.

Barth Friedrich, Die zweckmässigste Betriebskraft, Sammlung Göschen, Leipzig, 1904.

Beck Theodor, Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues, Berlin, 1900.

Becker D. Joh. Joachim, Närrische Weissheit und Weise Narrheit, 1707. (Neue Ausgabe).

Beckmann Johann, Beyträge zur Geschichte der Erfindungen, 5 Bände, Leipzig, 1786—1805.

Bergès A., La houille blanche, Grenoble, 1899.

Blümner Hugo, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern, 4 Bände, Leipzig, 1875-79-84-87.

Bogaers, La houille blanche, th., Grenoble, 1904.

Boos Heinrich, Geschichte der rheinischen Städtekultur von den Anfängen bis zur Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung von Worms, I. Teil 1897, II. Teil 1898, III. Teil 1899, IV. Teil 1901, Berlin.

Bougault, Législation des chutes d'eau, 1902.

- Bulletin de la Société d'études législatives, 1901-2, N° 3, et 1903, N° 1, 2 et 4.

Bressou, La houille verte, 1905.

Brosse R. de, Les forces motrices du Rhône in: Nature (Paris) 30. I. 1902. p. 216-218, 275-278.

Brouilhet, Autour du Congrès de la houille blanche (Quest. prat. de lég. ouvr.), Octobre 1902.

— La houille blanche
Compte rendu du Congrès de Grenoble, 2 vol., 1903.

Bruder Hermann, Die Lebensmittelpolitik der Stadt Basel im Mittelalter. Diss., Freiburg i. B., 1909.

Buddens, La concentration de l'industrie électrique in: Revue économique internationale, 1904, VIII., 1-3, Bruxelles.

Buffon de, Des usines sur les cours d'eaux. 2 vol., 1874.

Calwer, Das Wirtschaftsjahr, Berlin, 1900, ff.

Chardon, Les travaux publics, p. 242 et suiv., 1907.

Congrès de la houille blanche, 1902.

Côte E. F., Les forces hydrauliques disponibles en France, Houille blanche, Grenoble, 1902, N° 1.

Cowan E. W., The price of electricity (Proc. British Association for the Advancement of Science), 1911.

Cruse, Die elektrische Industrie, Art. im Handbuch der Wirtschaftskunde Deutschlands, Bd. III, Leipzig, 1904.

Dubois Ernest & Armand Julin, Les moteurs électriques dans les industries à domicile, Bruxelles, 1902.

Dicken, Mittel und Wege zum Schutze gegen Wasserschäden und Ausnützung der Wasserkräfte in: F. L. Haarmann's Zeitschrift für Bauhandwerk, Halle.

Einhardt G., Die Elektrizitätsindustrie in der Schweiz, Zürich, 1907.

Einhart, Dr. Julius G., Die wirtschaftliche Entwickelung und Lage der Elektrotechnik in der Schweiz, Tübingen, 1905.

Engel, Dr. E., Das Zeitalter des Dampfes, Berlin, 2. Auflage, 1881.

Engineering Record, The value of water power, New-York, 9 May 1896.

Eyth Max, Lebendige Kräfte, Berlin, 1905, S. 25.

Fasolt Friedrich, Die sieben grössten deutschen Elektrizitätsgesellschaften, ihre Entwickelung und Unternehmertätigkeit in: Mitteilungen der Gesellschaft für wirtschaftliche Ausbildung, Heft 2, Dresden, 1904.

Ferchland P., Die elektrotechnische Industrie Deutschlands, Monographien für angewandte Elektrochemie, Bd. XII, 1904.

Fuchs, Dr., Wasserkräfte und Volkswirtschaft, Berlin, 1908. (Vortrag, Soziale Fragen, Heft 36.)

Golwig Fritz, Die Lage der elektrischen Industrie in Deutschland in: Neue Freie Presse vom 7.-10. August 1901.

— Die wirtschaftliche Bedeutung unserer Wasserkräfte, Wien, 1906.

Grüner H. E., Ausnützung der Wasserkräfte der Schweiz, 1906.

— Die Ausnützung von Hochwasser bei Wasserkraftanlagen in: Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Berlin, 1906, Bd. 50, II, S. 1821.

Hasse, Die allgemeine Elektrizitätsgesellschaft und ihre wirtschaftliche Bedeutung, Heidelberg, 1902.

Halle E. von, Die Weltwirtschaft, Leipzig und Berlin, 1908 und früher.

Haushofer Max, Das deutsche Kleingewerbe in seinem Existenzkampf gegen die Grossindustrie, 1885.

Heyne Moriz, Fünf Bücher deutscher Hausaltertümer, Das deutsche Wohnungswesen, Leipzig, 1899, Bd. I.

Holz, Nutzbarmachung von Wasserkräften in Verbindung mit der Herstellung kanalisierter Schiffswege in: Zeitschrift für Binnenschiffahrt, Berlin, 1897, Nr. 1.

Hydrographie des Grossherzogtums Baden, XII. Heft, Karlsruhe, 1906.

Inama-Sternegg, Dr. Karl Theodor, Deutsche Wirtschaftsgeschichte. Leipzig, 4 Bde., 1879-91-99-1901.

Intze O., Bericht über die Wasserverhältnisse Ostpreussens und deren Ausnützung zu gewerblichen Zwecken, Berlin, 1893.

Jacob Fr. E., Ueber die volkswirtschaftliche Bedeutung der Wasserkräfte. Heidelberg, Diss., 1907.

Knight J., La houille blanche in: Annales des Sciences polititiques, 1906, 337.

Koch, Dr. Waldemar, Die Konzentrationsbestrebung in der deutschen Elektroindustrie, München und Berlin, 1907.

Koch, Kosten und Beschaffung von Wasserkraft an Kanälen in: Süddeutsche Bauzeitung, München, 1905, IX.

Koehn Th., Der Wasserbau im Handbuch der Ingenieurwissenschaft, III. Teil, XIII. Band, Leipzig, 1908.

Koehne Carl, Das Recht der Mühlen bis zum Ende der Karolingerzeit, Breslau, 1904.

Kraft Max, System der technischen Arbeit, 1902.

Kreller, Dr. Emil, Die Entwickelung der deutschen elektrotechnischen Industrie und ihre Aussichten auf dem Weltmarkte, Staats- und Sozialwissenschaftlichen Forschungen, Bd. XXII, Heft 3. Leipzig, 1903.

Kretz, Frage der Ausnützung des Wassers des Oberrheins zwischen Basel und Strassburg im Interesse der Allgemeinheit durch Verstaatlichung der Wasserkräfte, Karlsruhe, 1906, (Stiess).

Kropotkin P., Landwirtschaft, Industrie und Handwerk (Uebersetzung von G. Landauer), Berlin, 1904.

Lamprecht, Deutsches Wirtschaftsleben im Mittelalter. 3 Tle. in 4 Bden. Leipzig, 1886.

Lauda & Goebl, Die Verwertung der Wasserkräfte in: Oesterreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, Wien, 1906, Nr. 38, S. 589.

Leroy-Beaulieu Pierre, La mise en valeur des forces hydrauliques de la France, Houille blanche et houille verte in: Economiste français vom 20. Januar 1906.

Lewinsky J. St., Elektromotoren und Hausindustrie in: Zeitschrift für ges. Staatswissenschaft, 1909, 3.

Loewe, Elektrotechnische Industrie. Schriften des Vereins für Sozialpolitik: Störungen im deutschen Wirtschaftsleben während der Jahre 1900 fg., Bd. 107, Leipzig, 1904.

Lotz Walter, Verkehrsentwickelung in Deutschland 1800-1900. 2. Auflage. Leipzig, 1906.

Mattern E., Die Ausnützung der Wasserkräfte. Neuere Bestrebungen der Kulturländer, Leipzig, Engelmann, 1906.

Mitteilungen der Gesellschaft für wirtschaftliche Ausbildung. Heft 2. Dresden, 1904.

Moncorger, Fonction économique et réglementation légale des inventions permettant le transport de la force, th., 1908.

Mangini Marc, La transformation du travail par le moteur électrique. St. Etienne, 1904.

Mantoux Paul, La révolution industrielle au XVIIIe Siécle. Essai sur les commencements de la grande industrie moderne en Angleterre (Thèse-Lettres), Paris, 1905.

Martin R., Die Wirtschaftskrise der Gegenwart, Leipzig, 1907.

Mayer O., Die Verwertung der Wasserkräfte, 1908.

Merckel Curt, Die Ingenieurkunst im Altertum, Berlin, 1899.

Miller Oskar von, Die Wasserkräfte am Nordabhange der Alpen, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Nr. 28 vom 11. Juli 1903, S. 1002, Berlin, 1903.

Nochimson M., Die elektrotechnische Umwälzung, Zürich, 1910.

Oettli, Application des forces électriques du Canton de Vaud à l'industrie Lausanne, 1904.

Office du travail, Répartition des forces motrices à vapeur et hydrauliques en 1899, Tome I, Moteurs à vapeur, Tome II, Moteurs hydrauliques, Paris, Impr. nat. 1900 et 1901.

Pascaud, La houille blanche, 1904.

Peny, Forces motrices hydrauliques in: Revue universelle des Mines et de la Métallurgie, Liège, 1898, 42, p. 111.

Power from the tides, Canadian Engineer, Toronto et Montreal, dec. 1896.

Price W. Hyde, The English Patents of Monopoly, Boston, 1906.

Rehbock Theodor, Der wirtschaftliche Wert binnenländischer Wasserkräfte unter besonderer Berücksichtigung des Grossherzogtums Baden, Festrede, gehalten von dem Rektor des Jahres 1907-08, Karlsruhe.

Reuleaux F., Das Buch der Erfindungen, Leipzig und Berlin.

— Theoretische Mechanik, Braunschweig, 1875.

Rheinquellen, Zeitschrift für schweizerische und süddeutsche Wasserwirtschaft, Basel.

Riche Preller S. du, On hydro-electric installations (Serial), Eg. 1, November 1895.

Riesser, Zur Entwickelungsgeschichte der deutschen Grossbanken, Jena, 1906.

Rouland, La houille blanche et la houille verte in: Economiste français. 2 Mars 1907.

Schär O., Die Verstaatlichung der schweizerischen Wasserkräfte, Basel, 1905.

Scherzer Karl von, Weltindustrien, Stuttgart, 1880.

Schiff, Das, Die schiffbaren Wasserläufe als Kraftquellen. 23. April 1897.

Schottius P. Gasparis, Technica Curiosa, Nürnberg, 1664.

Schromm, Die Kohlennot und die Ausnützung der Wasserkräfte in Oesterreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, Wien, 1900, Nr. 12, S. 449.

Siegel G., Die Stellung der öffentlichen Elektrizitätswerke im Wirtschaftsleben Deutschlands in: AEG-Zeitung vom März 1913.

Siemens Georg, Kraftmaschinen und Kraftübertragung, Kempten, 1910.

Siemens Werner, Lebenserinnerungen, Berlin, 1901.

Sombart Werner, Technik und Wirtschaft (Vortrag, gehalten in der Gehe-Stiftung zu Dresden am 16. Februar 1901), Dresden, 1901.

— Die deutsche Volkswirtschaft im 19. Jahrhundert, Berlin, 1903.

Tavernier, Les forces hydrauliques des Alpes en France, en Italie et en Suisse, 1900.

— Les grandes forces hydrauliques des Alpes, Rapp. prés. à la Soc. d'écon. pol. de Lyon, le 7 Novembre 1901.

Tissot, Dr. Ed., L'industrie électrique en Suisse, Lausanne, 1908.

Turquan V., Les forces hydrauliques de la France in: Génie civil, Paris, 5-12-19 Septembre 1896, p. 299, 314, 331.

Wagner, Freiherr von, Ueber die Benutzung fliessender Gewässer vom technischen und volkswirtschaftlichen Standpunkte betrachtet (Separatabdruck aus dem Protokolle der 78. Hauptversammlung des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins).

Weber Alfred, Ueber den Standort der Industrien, I. Teil, Tübingen, 1909.

Wilhelm, L'utilisation des forces naturelles in: Economiste français, Paris, 12 Janvier 1901.

Uppenborn, Der gegenwärtige Stand der Elektrotechnik und ihre Bedeutung für das Wirtschaftsleben, Volkswirtschaftliche Zeitfragen, Heft 108, Berlin, 1892.

Zonca, Teatro delle Machine, Padua, 1656.

Zöpfl G., Nationalökonomie der technischen Betriebskraft, Jena, 1903.

INHALTS-VERZEICHNIS.

Seite

I. Geschichtliche Entwickelung der wirtschaftlichen Ausnützung der Wasserkräfte 3

II. Die technische Ausbildung der Wasserwirtschaft 45

III. Menge der verfügbaren Wasserkräfte 59

IV. Der Wettbewerb von Wasser- und Wärmekraftanlage und seine Wirkung 65

Anhang I. Berechnung der Rohwasserkräfte der Erde 73

Anhang II. Berechnung der Rohwasserkräfte des Deutschen Reiches 77

Literatur 83

Als angenehme Pflicht betrachte ich es, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. Stephan Bauer für seine freundlichen Ratschläge und stets wohlwollende Beihilfe zur Durchführung meiner Arbeit meinen allerherzlichsten Dank auszusprechen.

Mülhausen i. E.

André Haas.

VITA.

Ich, André August Haas, bin geboren zu Mülhausen i. E. am 7. Juli 1885. Ich besuchte das Gymnasium zu Mülhausen i. E. bis zur Quarta, dann die Ober-Realschule mit Maschinenbau-Abteilung. Nach bestandener Prüfung erlangte ich im Jahre 1903 das Zeugnis der Reife. Hierauf bezog ich die Grossh. Bad. Technische Hochschule „Fridericiana" zu Karlsruhe i. B., welcher Anstalt ich 14 Semester teils als Studierender, teils als Volontär-Assistent des Herrn Oberbaurat Professor Th. Rehbock im Flussbaularobatorium angehörte. Am 22. Mai 1906 erhielt ich das Zeugnis über die Akademische Vorprüfung der Abteilung für Ingenieurwesen. Ausser des vorgeschriebenen Lehrplanes für Bau-Ingenieure absolvierte ich das Pensum für Kultur-Ingenieure und hörte die Vorlesungen über Elektrotechnik, Maschinenbau, Bergbau, Staats- und Rechtswissenschaften, allgemeine Volkswirtschaftslehre u. a. m. Auch arbeitete ich praktisch im mineralogisch-geologischen und paläontologischen Institut bei Herrn Prof. Dr. Paulcke.

Ich besuchte die Vorlesungen und Uebungen der Herren Professoren Baumeister, Engesser, Haid, Rehbock, Teichmüller, von Zwiedeneck-Südenhorst, u. a. m.

Der Wunsch, die wirtschaftlichen Seiten der ingenieur-technischen Aufgaben kennen zu lernen, bewog mich, das Doktor-Examen an einer Universität zu erwerben. Ich liess mich daher während 3 Semester an der philosophischen Fakultät (philologisch-historische Abteilung) der Universität Basel immatrikulieren und besuchte die Vorlesungen und Uebungen der Herren Professoren Bauer, von Frisch, Hecht und Kozak.

Die vorliegende Dissertation bildet einen Abschnitt aus einer grösseren der Hohen Fakultät vorgelegten Arbeit, betitelt: „Entwickelungsfragen der Wasserwirtschaft in Frankreich und Deutschland, insbesondere im Elsass".

Meine praktische Tätigkeit als Ingenieur erstreckt sich auf meine Beschäftigung am Bauamt der Stadt Mülhausen i. E., Abteilung Fluss- und Strassenbau, und bei der Bauunternehmung Th. Heydt & G. Wansart, Dammerkirch (Ober-Elsass), am Bau der Largtalbahn. Im Oktober 1910 trat ich bei der G. m. b. H. Philipp Holzmann & Co., Frankfurt a. M. ein, woselbst ich auf dem technischen Bureau der Gesellschaft für den Bau von Eisenbahnen in der Türkei (Bagdadbahn) tätig war. Während meines Aufenthalts in Frankfurt besuchte ich die volkswirtschaftlichen Seminare der Akademie für Sozial- und Handelswissenschaften.

Seit April 1912 bin ich in der Verwaltung der Aktiengesellschaft Kaliwerke Sankt Therese, Mülhausen i. E., tätig.